
Bachelorarbeit

Herr |
Jan Kalitowitsch

**Stereo 3D - Arbeitsablauf
für stereoskopische 3D Film-
produktionen**

Mittweida, 2011

Bachelorarbeit

Stereo 3D - Arbeitsablauf für stereoskopische 3D Film- produktionen

Autor:

Herr

Jan Kalitowitsch

Studiengang:

Medientechnik

Seminargruppe:

MT07w1-B

Erstprüfer:

Herr Prof. Dr.-Ing. Rainer Zschokelt

Zweitprüfer:

Frau M.Sc. Rika Fleck

Einreichung:

Mittweida, April 2011

Bibliografische Angaben:

KALITOWITSCH, Jan:

Stereo 3D - Arbeitsablauf für stereoskopische 3D Filmproduktionen - 2011 - 6
Seiten Verzeichnisse, 59 Seiten Inhalt, 7 Seiten Literaturquellen.

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2011

Referat:

Das Thema Stereo 3D ist im Moment von großer Aktualität, immer mehr Produktionen werden in S3D auf den Markt gebracht. Die neu entdeckte Dimension, bringt für Produzenten von audiovisuellem Content völlig neue Möglichkeiten der Gestaltung mit sich. Und auch das Publikum akzeptiert das neue Format. Dank neuer technischer Entwicklungen, vor allem in der digitalen Videotechnik, ist es heutzutage möglich ein einwandfreies stereoskopisches Bewegtbild zu erzeugen.

Die Bachelorarbeit beschreibt die Produktion eines stereoskopischen audiovisuellen Produkts und erläutert die Unterschiede und Herausforderungen im Vergleich zu einer herkömmlichen monoskopischen Produktion.

Inhalt

Inhalt	i
Abbildungsverzeichnis.....	v
Abkürzungsverzeichnis.....	vi
1 Einleitung	1
1.1 Einführung in das Thema.....	1
1.2 Zielstellung.....	2
1.3 Aufbau der Arbeit.....	2
1.4 Methodik	2
2 Grundlagen für S3D Produktionen	3
2.1 Das Prinzip der Stereoskopie	3
2.2 Begriffserklärungen.....	4
2.2.1 Parallaxe und Konvergenz	4
2.2.2 Stereobasis	5
2.3 technische Voraussetzungen für S3D.....	5
2.3.1ameratechnik	5
2.3.2 Postproduktionstechnik	6
2.3.3 Darstellungstechnik.....	6
2.4 Erzeugung von Tiefenwirkung	6
2.4.1 bekannte Möglichkeiten im 2D-Film	6
2.4.2 Stereobasis	7
2.4.3 Konvergenz	7
2.4.4 Brennweite	8
2.5 Auswertungsmöglichkeiten für S3D Produktionen	8
2.5.1 Medium	8
2.5.1.1 Kino	8
2.5.1.2 TV	9
2.5.2 Inhalte	9
3 S3D in der Produktion.....	11
3.1 Vorbereitungen	11
3.1.1 Darstellungsmedium.....	11

3.1.2	Kameraausrichtung	11
3.1.2.1	parallele Kameraausrichtung	11
3.1.2.2	Konvergierte Kameraausrichtung.....	12
3.2	<i>Kamera</i>	13
3.2.1	Kamera-Rigs.....	13
3.2.1.1	Side-by-Side	13
3.2.1.2	Spiegel-Rig	14
3.2.2	Single-Piece-3D-Camcorder.....	15
3.2.3	Synchronisation der Kameras.....	15
3.2.4	Beispiele	16
3.2.4.1	Side-by-Side-Rig.....	16
3.2.4.2	Spiegel-Rig	18
3.2.4.3	Single-Piece-3D-Camcorder	20
3.3	<i>Aufnahmeformate</i>	21
3.3.1	HD-CAM SR	22
3.3.2	Cindeck.....	22
3.4	<i>zusätzliche Technik</i>	23
3.4.1	stereoskopische Analysewerkzeuge.....	23
3.4.1.1	STAN - Stereoscopic Analyser.....	23
3.4.1.2	Sony MPE-200.....	25
3.4.2	3D-Monitor.....	26
3.4.3	Software zur Berechnung der Parameter	27
3.5	<i>zusätzliches Personal</i>	28
3.5.1	Stereograph.....	28
3.6	<i>Besonderheiten der S3D-Liveproduktion</i>	29
4	S3D in der Postproduktion	31
4.1	<i>Vorbereitung des Materials</i>	31
4.1.1	Qualitätssicherung während der Produktion.....	31
4.1.2	Übergabe des Materials.....	32
4.1.3	Digital Asset Management.....	32
4.2	<i>Offline-Schnitt</i>	33
4.2.1	Avid Media Composer	33
4.2.1.1	Materialvorbereitung	34
4.2.1.1.1	Dateibasiertes Material	34
4.2.1.1.2	Kassettenbasiertes Material.....	34
4.2.1.2	Schnittvorbereitung und Monitoring.....	35
4.2.1.3	Übergabe zur Finalisierung	35
4.2.2	Final Cut Pro.....	36
4.2.2.1	Materialvorbereitung	36
4.2.2.2	Schnittvorbereitung	37

4.2.2.3	Monitoring	37
4.2.2.4	Übergabe zur Finalisierung.....	37
4.3	<i>Online-Schnitt, Finishing und spezielle stereoskopische Bearbeitung ...</i>	38
4.3.1	Grundlagen der stereoskopische Bearbeitung	38
4.3.1.1	geometrische Anpassung der Teilbilder.....	38
4.3.1.2	Farbanpassung.....	39
4.3.1.3	Depth-Grading	39
4.3.2	Beispiel: Pablo	40
5	Darstellungsverfahren von stereoskopischem Bildmaterial während der Produktion.....	42
5.1	<i>S3D Eingangsformate.....</i>	42
5.1.1	Side-by-Side, Over/Under(stacked)	42
5.1.2	Interlacing(Fields).....	43
5.1.3	Page-Flipping	44
5.1.4	Checkerboard.....	44
5.2	<i>Grundlagen der Wiedergabeverfahren</i>	45
5.3	<i>Aktive Verfahren</i>	46
5.3.1	Shuttertechnik	46
5.3.1.1	Nvidia 3D Vision	47
5.4	<i>Passive Verfahren</i>	47
5.4.1	Anaglyphentechnik.....	47
5.4.1.1	Transvideo CineMonitorHD12 3DView Classic.....	48
5.4.2	Polarisationsverfahren.....	49
5.4.2.1	JVC GD-463D10.....	50
5.4.3	Interferenzverfahren.....	51
5.4.4	autostereoskopische Wiedergabe	51
6	Distribution	53
6.1	<i>DCP für S3D-Produktionen.....</i>	53
6.1.1	Erstellung eines S3D-DCP	54
6.1.1.1	Digital Source Master	54
6.1.1.2	Digital Cinema Distribution Master.....	54
6.1.1.3	Komprimierung	55
6.1.1.4	Verpackung in ein S3D-DCP und Transport	55
6.1.2	Praxisbeispiel zur Erstellung eines DCP mit Clipster	56
7	Schlussbemerkungen	57
	Literatur	61
	Eidesstattliche Erklärung.....	67

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: parallele Kameraausrichtung, Quelle: eigene Abbildung.....	12
Abbildung 2: konvergierte Kameraausrichtung, Quelle: eigene Abbildung	13
Abbildung 3: AJA GEN10, Quelle: http://www.creativevideo.co.uk	16
Abbildung 4: Side-by-Side Rig, Quelle: http://www.stereotec.com	18
Abbildung 5: Spiegel-Rig, Quelle: http://www.stereo-3d-info.de	20
Abbildung 6: Single-Piece-S3D-Camcorder Panasonic AG-3DA1,	21
Abbildung 7: STAN auf einem Side-by-Side Rig mit Fraunhofer IIS MicroHD Kameras, Quelle: http://www.prime3d.de	25
Abbildung 8: Sony MPE-200, Quelle: http://shop.teltec.de	26
Abbildung 9: Quantel Pablo, Quelle: http://germany.quantel.co.uk	41
Abbildung 10: side-by-side und over/under(stacked) Übertragung, Quelle: http://www.cineform.com	43
Abbildung 11: Interlaced Übertragung, Quelle: http://www.cineform.com	44
Abbildung 12: Prinzip des Checkerboardverfahrens, Quelle: http://dlp.com	45
Abbildung 13: Shutterbrille, Quelle: http://www.heise.de	46
Abbildung 14: Transvideo CineMonitorHD12, Quelle: http://shop.teltec.de	49
Abbildung 15: JVC GD-463D10, Quelle: http://www.tnpbroadcast.co.uk	51
Abbildung 16: DVS Clipster Workstation, Quelle: http://www.dvs.de	56

Abkürzungsverzeichnis

2K	Auflösung mit mind. 2000 horizontalen Pixeln
4K	Auflösung mit mind. 4000 horizontalen Pixeln
AAF	Advanced Authoring Format (Übergabeformat)
AVCHD	Advanced Video Coding High Definition (Videocodec)
BNC	Bayonet Neill Concelman Steckverbindung
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor Sensor
3MOS	drei Complementary Metal Oxide Semiconductor Sensoren für die drei Grundfarben
EDL	Edit Decision List
H.264	Bezeichnung der ITU für MPEG4/part10 (Videocodec)
HDMI	High Definition Multimedia Interface
HD-SDI	High Definition Serial Digital Interface
ITU	International Telecommunication Union
JPEG	Joint Photographic Expert Group (Video u. Bildcodec)
JPEG2000	Joint Photographic Expert Group (Videocodec entwickelt im Jahr 2000)
LCD	Liquid Crystal Display
MOV	Quicktime Dateiendung (Containerformat)
MPEG4	Moving Picture Expert Group 4 (Videocodecüberbegriff)
MXF	Material eXchange Format(Conatinerformat)
PRIME	Produktions- und Projektionstechniken für Immersive Medien
S3D	stereoskopisches 3 dimensionales Medium
SIFT	Scale-invariant feature transform
WAV	Abgeleitet von Wave wie Welle(Audiocodec)
XML	eXtensible Markup Language

1 Einleitung

1.1 Einführung in das Thema

Das Prinzip der Stereoskopie und des räumlichen Sehens ist der Menschheit schon länger bekannt. Die ersten Forschungsergebnisse wurden bereits 1838 von Sir Charles Wheatstone veröffentlicht. Im Jahre 1922 wurde der erste stereoskopische Film im Kino gezeigt. Bis heute gab es mehrere Phasen des filmischen Schaffens, in denen das stereoskopische 3D-Kino wieder auflebte, um kurz darauf wieder zu einem Nischenprodukt ohne große Relevanz zu verkommen. Die große Popularität von S3D-Produktionen in der Gegenwart ist unter anderem James Camerons Avatar zu verdanken. Der erfolgreichste Film aller Zeiten verhalf dem S3D-Kino zum Durchbruch. Dank neuester digitaler Technik und einem großen Produktionsbudget, sowie einer langen Produktionszeit, in der sich das Team um James Cameron Zeit gelassen hat, ein vernünftiges Konzept für die Entfaltung des Tiefeneindrucks zu kreieren, wurde der Film zum Vorbild vieler Produktionen. Doch nicht nur Hollywood Blockbuster nutzen die neuen Mittel des räumlichen Sehens aus. Auch im Independentkino oder im non-fiktionalen Bereich wird stereoskopisch gearbeitet. So hat vor kurzem beispielsweise Autofilmer Wim Wenders einen Film über die Tänzerin Pina Bausch in S3D realisiert.

Von der Branche wird Stereo-3D mittlerweile nicht mehr als schnelllebiger Trend, sondern als Medium, das seine Berechtigung hat, angesehen. Das zeigt vor allem der enorme Zuwachs an Equipment, Technik und neu entwickelten Arbeitsabläufen. Dennoch steckt das stereoskopische Medium noch in den Kinderschuhen und bei den meisten Produktionen sind Mitarbeiter vertreten, die zum ersten Mal mit der neu entdeckten und verbesserten Technik umgehen müssen. Das Umdenken vom monoskopischen Produzieren zum stereoskopischen fällt schwer, da sich technische Abläufe und kreative Prozesse verändert haben. Das kreative und erzählerische Potential gilt als groß, doch nur über Erfahrung und zuverlässige Technik gelingt eine Umsetzung der Ideen auf ein audiovisuelles Medium.

1.2 Zielstellung

Diese Arbeit soll den Arbeitsablauf einer stereoskopischen Produktion von der Drehplanung bis hin zum Ausliefern des fertigen Produkts darstellen. Da die Unterschiede zu herkömmlichen 2D-Produktionen unter Umständen groß sind, soll ein Überblick über die genutzte Technik mitsamt Beispielen gegeben werden. Ziel der Arbeit ist es auch für den Verfasser, sich näher mit der Thematik des stereoskopischen Produzierens vertraut zu machen, um spätere berufliche Perspektiven auszubauen und zu verbessern.

1.3 Aufbau der Arbeit

Das erste Kapitel gibt eine Einführung in das Thema Stereoskopie und die damit verbundenen Begriffe, die für das Produzieren eines audiovisuellen Produkts notwendig sind. Die folgenden Kapitel geben einen Überblick über eine stereoskopische Produktion in chronologischer Reihenfolge. Von der Vorproduktion, über Produktion und Postproduktion bis hin zur Distribution. Neben den grundsätzlichen Vorgehensweisen werden auch Beispiele zu möglichen technischen Lösungen gegeben. Am Schluss folgt eine Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse.

1.4 Methodik

Um Ergebnisse zu gewinnen wurden verschiedene Quellen ausgewertet. Da das Thema im Hinblick auf den gegenwärtigen erneuten Durchbruch der Stereoskopie neu ist, ist Fachliteratur selten oder veraltet. Viele Ergebnisse können aus herstellereigenen Veröffentlichungen oder aus den Ergebnissen der zahlreichen Forschungsprojekte gewonnen werden. Aufgrund der rasanten Entwicklung von Workflowlösungen sind das Internet sowie Fachmessen und Workshops das bevorzugte Veröffentlichungsmedium.

2 Grundlagen für S3D Produktionen

Das Kapitel gibt einen Überblick über die physiologischen Voraussetzungen für stereoskopisches Sehen, erklärt die Begriffe, die im Zusammenhang mit dem Gebiet Stereoskopie benutzt werden und setzt sich mit den neuen technischen und gestalterischen Möglichkeiten und Einschränkungen auseinander.

2.1 Das Prinzip der Stereoskopie

Durch die Zusammenarbeit der beiden menschlichen Augen und der Verarbeitung der Informationen im Gehirn ist es dem Menschen möglich eine räumliche Wahrnehmung seiner Umgebung zu konstruieren. Erst durch das binokulare Sehen wird es dem Menschen möglich Entfernungen und Distanzen richtig einzuschätzen. Dadurch, dass jedes der beiden Augen die Umgebung aus einem seitlich leicht verschobenen Blickwinkel betrachtet entsteht im Gehirn eine Tiefenwirkung. Dieser Vorgang wird Querdisparation genannt.¹ Für das binokulare Tiefensehen sind also zwei Bildinformationen notwendig. Dieses Prinzip lässt sich nun in Ansätzen für stereoskopische Bilder verwenden. Um einen gewisse Bildtiefe zu erreichen sind also mindestens zwei Bildströme nötig, einen für das rechte und einen für das linke Auge.

Überlegungen, wie man dem Publikum einen stereoskopischen Filmgenuss ermöglichen kann, sind beinahe so alt wie die Filmproduktion selber. Allerdings wurde es durch die Digitalisierung der Kamera- und Produktionstechnik erst möglich einen einwandfreien stereoskopischen Bildstrom zu erzeugen. Durch präzise Digitalkameras lassen sich beide Bildquellen exakt synchronisieren und alle Parameter wie Brennweite und Blende übereinstimmen, um aus zwei Teilbildströmen ein stereoskopischen Bildstrom zu erstellen.

¹ Vgl. Huppelsberg, Walter, Kurzlehrbuch Physiologie, S.332

2.2 Begriffserklärungen

Die Begriffe werden hier hinsichtlich ihrer Bedeutung im Bereich von stereoskopischen audiovisuellen Produktionen erklärt. Es handelt sich um Parameter, die für die Produktion von S3D Medien von entscheidender Bedeutung sind, da von ihnen die Qualität eines stereoskopischen Films maßgeblich abhängt.

2.2.1 Parallaxe und Konvergenz

Bei S3D Produktionen beschreibt die "Konvergenz" den Winkel zwischen den beiden Sehachsen der verwendeten Kameras. Den Schnittpunkt der beiden Kameras bzw. deren Sehachsen bezeichnet man als "Konvergenzpunkt". Die Konvergenz-Ebene wird durch diesen Schnittpunkt definiert. Sie liegt bei der Wiedergabe von stereoskopischen Medien auf der physikalischen Bildebene, also beispielsweise auf der Leinwand im Kino. Der Konvergenzpunkt definiert außerdem, welche Bildobjekte vor, auf oder hinter der Projektionsfläche erscheinen².

Dies geschieht durch die sich ändernde Parallaxe. Die Parallaxe beschreibt die unterschiedliche Position eines Objektes auf den beiden Kamerabildern. Indem man sich den Daumen vor die Augen hält und abwechselnd das linke oder rechte Auge schließt kann man sich das Prinzip veranschaulichen. Ein Objekt, welches sich nun näher an der Kamera befindet, als die Konvergenzebene, hat eine negative Parallaxe. Es erscheint bei der späteren Wiedergabe im Vordergrund. Ein Objekt, welches sich im Hintergrund befindet, hat eine positive Parallaxe und es erscheint während der Wiedergabe hinter der Konvergenz- bzw. Leinwandebene³.

Objekte, die auf der Konvergenz-Ebene liegen haben keinen Parallaxenunterschied, ihr Abbild erscheint also auf beiden Kamerabildern gleich. Die Angabe der Parallaxe geschieht in Abhängigkeit von der verwendeten Auflösung. Bei einer 4K Auflösung mit beispielsweise 1 Prozent Parallaxe entspricht also der Unterschied eines Bildpunktes auf dem rechten und linken Bild 40 Pixel. Dieser Abstand wird auch als (horizontale) Disparität bezeichnet.

² Vgl. Film&TV Kameramann 01/2011 S.61

³ ebenda

2.2.2 Stereobasis

Die "Stereobasis", auch als interaxialer Abstand bezeichnet, gibt den Abstand der beiden Kameras zueinander an. Standardmäßig wird der Abstand mit 6,5 cm dem durchschnittlichen Abstand der menschlichen Augen nachempfunden. Durch eine Verkleinerung oder eine Vergrößerung des Abstandes lässt sich der 3D Eindruck verändern. Somit lässt sich die Veränderung der Stereobasis als gestalterisches Mittel einsetzen.

2.3 technische Voraussetzungen für S3D

2.3.1 Kameratechnik

Saubere stereoskopische Produktionen sind nur mit digitalen Kameras möglich, da diese durch ihren fest eingebauten Chip einen stabilen Bildstand garantieren. Die für die S3D-Produktion verwendeten Kameras müssen vor dem Beginn des Drehs in gewissen Parametern angeglichen werden.

Die verwendeten Kameras müssen die Bilder synchron aufnehmen, beide Kameras müssen dabei zeitgleich mit dem Abtasten eines Bildes beginnen. Ist dies nicht der Fall kommt es zu Differenzen zwischen den Teilbildern, also den einzelnen Bildströmen für das linke und rechte Auge, was unter Umständen einen 3D Eindruck einschränkt.⁴

Die Ausrichtung der Kameraoptiken ist ebenfalls ausschlaggebend für einen erfolgreichen Dreh. Die Teilbilder dürfen keine vertikale Verschiebung aufweisen. Diese Verschiebung kann sich auch aus einem Rotationsunterschied von einem zum anderen Teilbild ergeben. Die Brennweite der Optiken müssen ebenfalls exakt identisch sein und auch die Blende muss bei beiden Kameras übereinstimmen. Kleine herstellungstechnischbedingte Unterschiede können später in der Postproduktion noch ausgeglichen werden.⁵ Hier ist vor allem auch auf Reflektionen, die nur auf einem Teilbild erscheinen zu achten.⁶

Werden diese grundlegenden technischen Voraussetzungen beachtet sind zumindest die größten Fehlerquellen beseitigt.

⁴ Vgl. <http://realvision.ae/blog/2010/05/importance-of-genlocking-with-tri-level-sync-for-3d-cameras/comment-page-1/>

⁵ Vgl. <http://www.slashcam.de/artikel/Interviews/Nichts-ist-schneller-versaut-als-ein-stereoskopisches-Bild-Konvergenz-Philosophien--Depth-Grading-und-Schaerfe.html#Konve>

⁶ Vgl. Kamermann 01/2011 S. 60 ff

2.3.2 Postproduktionstechnik

In der Postproduktionstechnik kommt es vor allem auf leistungsfähige Hardware an, da zu jeder Zeit die doppelte Datenrate und der doppelte Speicherplatz verbraucht wird. Übertragungswege und Speichersysteme mit hohem Datendurchsatz sind daher unumgänglich, um eine Bearbeitung von stereoskopischem Material auch bei hohen Auflösungen und Datenraten zu gewährleisten.

2.3.3 Darstellungstechnik

Die Darstellung von einem stereoskopischen Bild setzt voraus, dass die beiden Teilbilder von den beiden menschlichen Augen getrennt aufgenommen werden, da dadurch erst der räumliche Eindruck entsteht. Es gibt zahlreiche Verfahren und Techniken, die dies realisieren. Diese werden im Kapitel 6. vorgestellt.

2.4 Erzeugung von Tiefenwirkung

2.4.1 bekannte Möglichkeiten im 2D-Film

Natürlich gibt es auch im 2D Film Möglichkeiten eine Tiefenwirkung zu erzielen. Im Gegensatz zum S3D Medium sind die Möglichkeiten durch langjährige Erfahrung und Praxis ausgelotet. Zunächst bestimmt natürlich der gewählte Bildausschnitt und der Bildhintergrund die Wirkung. Fluchtpunkte und diagonale Linien, die in den Raum hineinführen, geben dem Bild die gewünschte Tiefe.⁷ Des Weiteren kann durch die Wahl der Brennweite die Relation von Vorder- und Hintergrund verändert und genauer bestimmt werden. Durch den Einsatz eines großen oder kleinen Schärfentiefebereichs können Objekte hervorgehoben werden oder mit dem Hintergrund verschmelzen. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Lichtsetzung. Durch den gezielten Einsatz von Licht und Schatten können Objekte im Bild inszeniert werden.

Die meisten dieser Möglichkeiten für die Bildgestaltung gelten natürlich auch für S3D Produktionen, allerdings müssen bei manchen Punkten Einschränkungen in Kauf genommen werden. Außerdem erweitert sich die Palette der Gestaltungsmöglichkeiten im stereoskopischen Film um einige der folgenden Parameter.

⁷ Vgl. <http://www.movie-college.de/filmschule/filmgestaltung/bildgestaltung.htm>

2.4.2 Stereobasis

Durch ein Verändern der Stereobasis lässt sich der 3D Effekt bei totalen Einstellungen mit weit entfernten Objekten oder bei Makroaufnahmen sehr kleiner Objekte vergrößern.⁸

Betrachtet man beispielsweise eine weite Berglandschaft ist für den Betrachter in der Ferne kein räumlicher Effekt mehr festzustellen. Filmt man diese Einstellung also mit der Standard Stereobasis, die dem menschlichen Augenabstand entspricht, dann wird ebenfalls keine Tiefenwirkung erzielt werden können. Hier ist es nötig die Stereobasis zu vergrößern, oft bis zu mehreren Metern, um wieder einen 3D Effekt zu erreichen. Das sich so ergebende Gesamtbild entspricht dann nicht mehr der natürlichen menschlichen Wahrnehmung. Es entsteht ein Miniaturisierungseffekt.⁹

Umgekehrt verhält es sich bei einer Verkleinerung der Stereobasis. Bei sehr nahen kleinen Objekten wird die normalerweise geringe Tiefenwirkung ebenfalls stark erhöht und erscheint dem Betrachter abnormal.¹⁰

Abgesehen von diesen extremen Beispielen ist eine Feinjustierung der Stereobasis auch bei Einstellungen zwischen extremen Totalen oder Naheinstellungen notwendig um eine optimale Tiefenwirkung zu erzielen. Hierfür gibt es keine festgelegten Regeln. Die Stereobasis wird aus einer kreativen Entscheidung heraus gewählt.

2.4.3 Konvergenz

Durch Festlegen der Konvergenzebene wird bestimmt welche Objekte im Bild im Vordergrund oder im Hintergrund wahrgenommen werden. Objekte die vor der Konvergenzebene liegen haben eine negative Parallaxe und befinden sich aus Sicht des Betrachters im Vordergrund. Objekte die dahinter liegen haben eine positive Parallaxe und scheinen im Hintergrund zu liegen. Die Konvergenz ist ein wichtiges Gestaltungsmittel, durch das der Stereograph die Tiefenstaffelung der Objekte im Bildausschnitt bestimmen und so die gewünschte Tiefenstaffelung erzielen kann.¹¹

⁸ Vgl. Trauer, Holger, Stereo 3D, S.348

⁹ Vgl. Film&TV Kameramann 01/2011 S. 63

¹⁰ ebenda

¹¹ Vgl. Film&TV Kameramann 01/2011 S. 63

2.4.4 Brennweite

Als wesentliches Gestaltungsmittel im 2D-Film ist die Brennweite natürlich auch im S3D-Film von großer Bedeutung. Hier beeinflussen sich die Faktoren Stereobasis und Objektivbrennweite gegenseitig.

Sollen weit entfernte Objekte räumlich dargestellt werden, wird eine große Stereobasis mit einer langen Brennweite gewählt. Des Weiteren kann hier gestalterisch auf eine geringe Schärfentiefe zurückgegriffen werden. Allerdings wirkt das Bild bei längeren Brennweiten zwar räumlich, die einzelnen Bildelemente werden aber als flach empfunden. Dieses Phänomen ist auch als Kulisseneffekt bekannt.¹² Es entsteht eine Kompression der Tiefe. Diese wird bei der Verwendung von Weitwinkelobjektiven vermieden. Durch den größeren Blickwinkel erhält das Bild einen größeren Raum, der abgebildet wird. Objekte im Vordergrund kommen stärker zur Geltung und werden plastischer empfunden.¹³ Gleichzeitig werden weit entfernte Objekte nicht mehr dreidimensional wahrgenommen.

2.5 Auswertungsmöglichkeiten für S3D Produktionen

2.5.1 Medium

2.5.1.1 Kino

Den größten Markt für S3D Produktionen bietet nach wie vor das Kino. Seit 2009 werden vor allem in Hollywood immer mehr Filme in S3D produziert und finden vor allem beim jüngeren Publikum große Beliebtheit. Eine Studie des PRIME Forschungsprojekts hat ergeben, dass die Gründe dafür vor allem in der realistischer aussehenden Handlung und in der Möglichkeit, sich besser in den Film hineinzuversetzen liegen.¹⁴ Die Studie bestätigt weiterhin, dass auch bei älteren Menschen das Interesse an der neuen Dimension durchaus vorhanden ist. Das zeigt sich nicht zuletzt auch am finanziellen Erfolg. So ist James Camerons 3D Abenteuer "Avatar" der erfolgreichste Film aller Zeiten¹⁵ und spielte weltweit bis

¹² Vgl. Trauer, Holger, Stereo 3D, S.357

¹³ ebenda

¹⁴ Vgl.

http://www.prime3d.de/fileadmin/downloads/public_research_results/3D_Praesentation_Wegener_HFF.pdf

¹⁵ Vgl. <http://www.sueddeutsche.de/kultur/kino-erfolg-avatar-mitten-ins-blaue-1.66621>

heute insgesamt fast drei Milliarden Dollar ein. Einen Großteil davon an den Kinokassen von S3D Kinos.¹⁶

2.5.1.2 TV

Auch im Heimkinobereich spielt S3D eine zunehmend größere Rolle. Mittlerweile hat jeder große Hersteller S3D-fähige Geräte in seinem Sortiment. Mit Sky 3D sendet nun der erste S3D Sender im deutschen Pay-TV ein Unterhaltungs- und Eventprogramm.¹⁷ So wird beispielsweise seit Anfang 2011 das Sonntagsspiel der Fußball Bundesliga in S3D aufgezeichnet und für Sky 3D und Telekom IPTV Kunden bereitgestellt.¹⁸ Mittlerweile werden die S3D Kinofilme auch auf BluRay 3D auf den Markt gebracht. Momentan ist das Contentangebot zwar noch relativ schmal, aber Nutzer mit einem S3D-fähigen Endgerät können auch zu Hause stereoskopische Produktionen nutzen.

2.5.2 Inhalte

Wie bereits erwähnt werden stereoskopische Kinoproduktionen beim Publikum vor allem wegen der realistischer wirkenden Bilder und dem besseren Hineinversetzten in die Handlung geschätzt.¹⁹ Diese Motivationen lassen sich auch auf weitere Inhalte übertragen. Das Anschauen eines Fußballspiels in S3D wird den Betrachter näher an das Gesehene heranbringen und durch die richtigen Kameraeinstellungen fast schon das Gefühl vermittelt, live auf dem Platz zu stehen.

Ein weitere Einsatzmöglichkeit von S3D Technik ist das Aufnehmen von Konzerten. Im September 2010 wurde ein Konzert der "Fantastischen Vier" in S3D aufgezeichnet, live geschnitten und per Satellitenübertragung in 88 Kinos in Deutschland übertragen. Eine bisher einmalige Leistung, die das Ergebnis des Fachwissens und der Erfahrung von 56 Firmen und Institutionen und über 100 Mitarbeitern war.²⁰

Und auch im non-fiktionalen Produktionsbereich wird auf stereoskopische 3D Technik zurückgegriffen. Nikolai Vialkowitsch hat Ende 2009 seine stereoskopische 3D Dokumentation "Das Auge 3D" über das leistungsfähigste Teleskop der Welt produziert. Der Film wurde im Kino gezeigt und wird auch über Sky 3D aus-

¹⁶Vgl. <http://boxofficemojo.com/movies/?id=avatar.htm>

¹⁷ Vgl. <http://www.sky.de/web/cms/de/kundencenter-3d-programm.jsp>

¹⁸ Vgl. <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Telekom-und-Sky-zeigen-Sonntagsspiele-der-Fussball-Bundesliga-in-3D-1169551.html>

¹⁹Vgl. http://www.prime3d.de/fileadmin/downloads/public_research_results/3D_Praesentation_We gener_HFF.pdf

²⁰ Vgl. Film&TV Kameramann 11/2010, S.14 ff

gestrahlt.²¹ Ein Grund für Vialkowitschs Dokumentation in S3D mit erheblichem Mehraufwand zu produzieren, lag ebenfalls in dem neuen Wahrnehmungsgefühl das S3D vermitteln kann.²²

²¹ Vgl. <http://dasauge3d.wordpress.com/>

²² Vgl. Film&TV Kameramann 07/2011, S. 106 ff

3 S3D in der Produktion

3.1 Vorbereitungen

Neben den herkömmlichen Drehvorbereitungen müssen bei stereoskopischen 3D Produktionen im Vorfeld noch weitere Punkte geklärt werden, um das gewünschte Ergebnis auch zu erzielen.

3.1.1 Darstellungsmedium

Um die Faktoren Stereobasis, Objektstaffelung und Konvergenzebene zu bestimmen, ist es notwendig vor dem Beginn der Produktion festzulegen, für welche Darstellungsgröße das Projekt konzipiert wird.

S3D-Bilder die perfekt für die Kinoleinwand berechnet wurden, werden bei der Wiedergabe durch ein TV-Gerät, abgesehen von dem Größenunterscheid, nicht denselben Tiefeneindruck haben. Er wird geringer wahrgenommen werden. Wird jedoch für eine kleine Darstellungsgröße gedreht, würde der 3D Effekt im Kino überzogen wirken. Laut Josef Kluger, Geschäftsführer der KUK Filmproduktion München, sollten die Werte für die Parameter so berechnet werden, dass der Film in der gewünschten Wiedergabesituation funktioniert. Zusätzlich kann man Toleranzen für Konvergenz und Stereobasis einbauen, um den Film auch auf größeren oder kleineren Darstellungsmedien zeigen zu können.²³

3.1.2 Kameraausrichtung

3.1.2.1 parallele Kameraausrichtung

Bei der parallelen Ausrichtung sind die Kameras nicht zueinander gedreht, sondern parallel ausgerichtet. Das führt dazu, dass die Konvergenzebene im Unendlichen liegt. Der Großteil der stereoskopischen Bildgestaltung entsteht erst während der Nachbearbeitung.²⁴

Der große Vorteil bei dieser Variante ist, dass man sich die Option offen hält die Konvergenzebene in der Postproduktion anzupassen und so Vorder- und Hinter-

²³ Vgl. <http://www.slashcam.de/artikel/Interviews/Nichts-ist-schneller-versaut-als-ein-stereoskopisches-Bild--Konvergenz-Philosophien--Depth-Grading-und-Schaerfe.html#Konve>

²⁴ Vgl. Film&TV Kameramann 01/2011, S.60 ff

grund, und damit auch den Tiefeneindruck, zu bestimmen²⁵. Gleichzeitig wird der Aufwand bei der Nachbearbeitung erheblich erhöht. Außerdem ist eine Beurteilung des Gesamtbildes ohne zusätzliche Monitoringtechnik am Set nicht möglich.

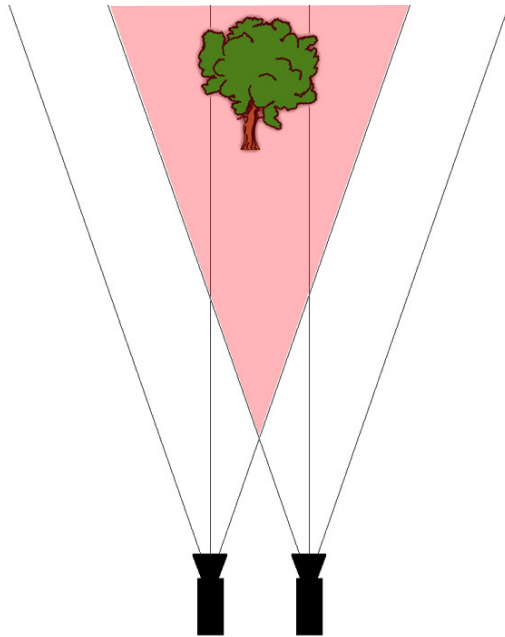


Abbildung 1: parallele Kameraausrichtung, Quelle: eigene Abbildung

3.1.2.2 Konvergierte Kameraausrichtung

Bei der konvergierten Kameraausrichtung, sind die Kameras zueinander gedreht und es wird schon vor der Aufnahme eine Konvergenzebene definiert und eine positive und negative Parallaxe festgelegt. Die Stereotiefe wird also bereits am Drehort bestimmt. Das Bild lässt sich schon während des Drehs mithilfe eines 3D-Monitors beurteilen. Eine nachträgliche Bildgestaltung ist hier allerdings kaum noch möglich. Zusätzlich müssen geometrische Korrekturen, die eine vertikale Parallaxe ausgleichen, vorgenommen werden. Außerdem kommt es unter Umständen zu Verzerrungen der Linien im Bild, die ebenfalls umständlich korrigiert werden müssen.²⁶

²⁵ Vgl. <http://www.slashcam.de/artikel/Interviews/Nichts-ist-schneller-versaut-als-ein-stereoskopisches-Bild--Konvergenz-Philosophien--Depth-Grading-und-Schaerfe.html#Konve>

²⁶ Vgl. Film&TV Kameramann 01/2011, S. 68 ff

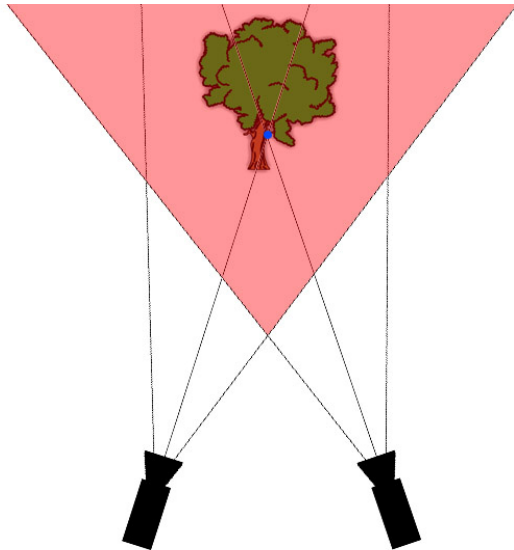


Abbildung 2: konvergierte Kameraausrichtung, Quelle: eigene Abbildung

3.2 Kamera

3.2.1 Kamera-Rigs

In diesem Unterkapitel wird das generelle Prinzip der beiden grundsätzlichen Aufbautypen beschrieben. Steuerung und genaue Konfiguration werden in später folgenden Beispielen beschrieben.

3.2.1.1 Side-by-Side

Beim Side-by-Side-Kameraaufbau sind die beiden Kameras parallel auf einer Schiene befestigt. Auf dieser Schiene kann die Stereobasis der beiden Kameras geändert werden und die Kameras können um ihre eigene Achse rotieren. Somit lässt sich die Konvergenz variieren.²⁷

Bei diesem Kameraaufbau besteht der Nachteil vor allem darin, dass die Stereobasis nicht beliebig klein gewählt werden kann. Die Stereobasis ist abhängig von der Bauform der Kameras und der Objektive, da sich die Kameras nur soweit zusammenbringen lassen, bis sich die Gehäuse der Kameras berühren. Um hier für Standardsituationen brauchbare Stereobasen zu erzielen, müssen die Kameras extrem kompakt sein. Groß- und Makroaufnahmen sind aber trotz-

²⁷Vgl. http://www.prime3d.de/fileadmin/downloads/public_research_results/HFF_3D_workshop.ppt.pdf

dem kaum möglich.²⁸

Side-by-Side-Rigs eignen sich aufgrund ihrer kompakten und leichten Handhabung gut für Spezialfälle bei Platzmangel oder bei Panoramaeinstellungen.²⁹

Wird beispielsweise aus einem Hubschrauber gefilmt, ist ein platzsparendes Kameraequipment notwendig und die großen Stereobasen sind hier ebenfalls erwünscht. Durch die einfache Bauweise sind Side-by-Side-Rigs auch relativ kostengünstig.

3.2.1.2 Spiegel-Rig

Beim Spiegel-Rig werden die Kameras nicht nebeneinander montiert, sondern werden mithilfe einer speziellen Halterung im rechten Winkel übereinander befestigt. Durch einen halbdurchsichtigen Spiegel gelangt das Bild auf beide Kameraschips. Durch die rechtwinkelige Anordnung der Kameras spielt der Typ und die Bauform der Kameras keine Rolle mehr. Es kann jede Stereobasis realisiert werden. Für Makroaufnahmen sind Spiegel-Rigs also besonders gut geeignet. Zum Nachteil wird in manchen Situationen die Größe und Sperrigkeit des Aufbaus. Ein weiteres Problem des Rigs ist der eingebaute Spiegel. Durch seine Halbdurchsichtigkeit geht die Hälfte des vorhandenen Lichts verloren und es können Unterschiede in der Farb- und Kontrastgebung auftauchen, deren Stärke sich mit unterschiedlicher Ausprägung auch über das Bild verteilen kann. Diese Unterschiede müssen dann mühsam in der Postproduktion korrigiert werden.³⁰ Die Abweichungen hängen wesentlich von der Qualität und Beschichtung des Spiegels ab. Es sollte auf einen Spiegel aus hochwertigem optischen Glas zurückgegriffen werden.

Spiegel-Rigs sind also in den Standardaufnahmesituationen meistens den Side-by-Side-Rigs vorzuziehen, was vor allem an den möglichen kleinen Stereobasen liegt. Sind allerdings Panoramaaufnahmen mit großer Tiefenwirkung gefragt, sollte ein Side-by-Side-Aufbau verwendet werden, da große Stereobasen nur mit diesen Rigs erzielt werden können.

²⁸ Vgl. Film&TV Kameramann 01/2011, S.70 ff

²⁹ ebenda

³⁰ ebenda

3.2.2 Single-Piece-3D-Camcorder

Momentan hält sich die Anzahl der 3D-Camcorder-Modelle noch in Grenzen. Die Objektive sind im Side-by-Side- Aufbau fest miteinander verbaut und es existiert nur ein Kameragehäuse. Somit lassen sich Schärfe und Blende auch nur zentral für beide Objektive regeln, was vor allem für Einsteiger eine erhebliche Vereinfachung darstellt. Die Kameratypen unterscheiden sich was Einstellungsmöglichkeiten, beispielsweise für Stereobasis und Konvergenz angeht.

Ein Vorteil dieses Kameratyps ist, dass der Vorbereitungsaufwand gering ist und sich trotzdem korrekte S3D-Aufnahmen realisieren lassen. An die Qualität von aufwendig produzierten S3D-Bildern reichen diese allerdings nicht heran. Die Kamera richtet sich, was die Nutzergruppe angeht an Einsteiger, die im S3D-Markt Fuß fassen wollen.³¹

3.2.3 Synchronisation der Kameras

Um zu gewährleisten, dass die Chips beider Kameras zur selben Zeit mit der Aufnahme des ersten Pixels beginnen müssen die Kameras synchronisiert werden. Die zuverlässigste Art, um Kameras zu synchronisieren ist das "generator locking device-Verfahren" oder kurz Genlock. Werden die beiden, zur Herstellung einer stereoskopischen Produktion, genutzten Kameras per Genlock synchronisiert, werden die Bilder dauerhaft synchron aufgezeichnet. Um eine Genlock Synchronisation sicherzustellen wird entweder eine externe Hardware als Taktgenerator genutzt oder der Videoausgang der ersten Kamera wird mit dem Genlock-Eingang der zweiten Kamera verbunden.³²

Externe Geräte nutzen zur Synchronisation den Tri-Level-Sync-Impuls. Dabei handelt es sich um ein analoges Signal ähnlich dem BlackBurst bei SDTV. Das Tri-Level-Sync-Signal ist in seinen Eigenschaften aber präziser.³³ Als Hardware für eine Tri-Level-Synchronisation eignet sich beispielsweise die GEN10 Box von dem Hersteller AJA. Die Box generiert ein Tri-Level-Signal für HD und SD Formate und alle gängigen Bildraten. Über ein BNC-Kabel wird je einer der sechs Ausgänge mit dem Genlock-Eingang der Kameras verbunden.³⁴

Neben der zeitlichen Synchronisation ist es weiterhin erforderlich, weitere Kameraeinstellungen wie Schärfe und Brennweite synchron und extern zu steuern. Als

³¹ Vgl. Film&TV Kameramann 08/2010, S.14 ff

³² Vgl. <http://realvision.ae/blog/2010/05/importance-of-genlocking-with-tri-level-sync-for-3d-cameras/comment-page-1/>

³³ Vgl. <http://www.bet.de/Lexikon/Begriffe/trilevelsync.htm>

³⁴ Vgl. http://www.aja.com/pdf/support/manuals_conv/AJA_manual_GEN10_pn101664.pdf

Hardware dafür kann beispielsweise ein Kontrollsystem der Firma "cmotion" genutzt werden. Die Hardware wird über Funk gesteuert und verfügt über 8 Anschlüsse für Motoren über 8-Pin Lemo Kabelverbindungen. Davon sind je zwei Anschlüsse für Fokus, Schärfe und Brennweiten Steuermotoren vorgesehen und je ein Anschluss für die Steuerung von Konvergenz und Stereobasis.³⁵ Über eine Handsteuereinheit mit Display können die Parameter für beide Kameras zentral und kabellos gesteuert werden.³⁶ Eine Beurteilung des S3D-Gesamtbildes ist damit allerdings noch nicht möglich, dafür bedarf es weiterer Hardware.



Abbildung 3: AJA GEN10, Quelle: <http://www.creativevideo.co.uk>

3.2.4 Beispiele

Hier werden Beispiele für die verschiedenen Kamera-Rigs und die Single-Piece-3D-Camcorder aufgeführt, dabei wird speziell auf das Modell des Rigs und der Kamera eingegangen. Auf die verwendeten Optiken wird hier nicht eingegangen, da diese keinen direkten Einfluss auf den Workflow haben.

3.2.4.1 Side-by-Side-Rig

Für den Side-by-Side-Aufbau wird ein Rig der Firma Stereotec gewählt. Die Kameras werden auf zwei Schlitten montiert, die beweglich auf einer Schiene an-

³⁵ Vgl. <http://www.cmotion.eu/wp/wp-content/uploads/2011/01/cmotion-quickguide-3d.pdf>

³⁶ Vgl. <http://www.cmotion.eu/products/cvolution/cvolution-hand-unit/>

gebracht sind. Die Stereobasis lässt sich hier per Handkurbel oder per externem Motor steuern und es können zusätzliche Steuermodule für das Rotieren der Kameras zueinander angebracht werden. Dies ist nur für Produktionen, bei denen konvergiert gedreht wird notwendig. Die Länge der Schiene wird dem Kundenwunsch entsprechend angepasst und ist nach Fertigstellung des Rigs nicht variabel. Dennoch ist das Rig sehr kompakt und kann dem Einsatzwunsch entsprechend auf diversen Trägern montiert werden.³⁷

Um in der Wahl der Stereobasis trotz Side-by-Side Aufbau möglichst flexibel zu sein, wird ein sehr kompaktes Kameramodel gewählt. In Frage kommt hier beispielsweise die 2K-mini von Silicon Imaging. Mit einem 2/3" 16:9 high-dynamic range CMOS Bildsensor kann die Kamera in 2K Auflösung oder in den beiden HD Standard Auflösungen 1080p und 720p aufnehmen. Die Bildraten liegen bei der maximalen Auflösung von 23,976, 24 oder 25 Vollbildern pro Sekunde. Bei niedrigeren Auflösungen von 540p können bis zu 150 Bilder pro Sekunde aufgezeichnet werden.

Ein Vorteil der SI-2K-Mini ist, dass der Kamerakopf mit dem Kameragehäuse nicht fest verbunden ist, sondern über ein Netzkabel und ein Datenkabel verbunden, relativ unabhängig, positioniert werden kann. Sucher, Monitor und Speichermedium können also bei Platzproblemen ausgelagert werden.³⁸

Silicon Imaging bietet eine komplette S3D Lösung an und so werden beide Kameras über eine Rechneinheit, meistens einen Laptop, mit der speziell entwickelten Software SiliconDVR gesteuert und auch beide Bildströme werden in einer Datei aufgezeichnet. SiliconDVR ermöglicht dem Kameraoperator neben dem Starten der Aufnahme beispielsweise das Anpassen der Farben anhand eines Look up tables, diese Farbeinstellungen können dann in den Metadaten gespeichert und später ausgewertet werden. Die Daten werden direkt auf einer Festplatte oder einem Laptop gespeichert und können dann direkt an die Postproduktion weitergegeben werden.³⁹ Kameraparameter wie Schärfe, Brennweite usw. werden wie oben beschrieben mit zusätzlicher Technik vom Kameraassistenten gesteuert.

³⁷ Vgl. http://stereotec.com/Side-by-Side-Rigs_stereotec.pdf

³⁸ Vgl. http://www.siliconimaging.com/DigitalCinema/SI_2Kmini_key_features.html

³⁹ Vgl. http://www.siliconimaging.com/DigitalCinema/Tutorials/SiliconDVR_Overview.html



Abbildung 4: SI-2K Kamerakopf ohne Objektiv, Quelle: <http://media3.film-tv-video.de>



Abbildung 5: Side-by-Side Rig, Quelle: <http://www.stereotec.com>

3.2.4.2 Spiegel-Rig

Für das Spiegel-Rig-Beispiel wird das 3D Stereo Rig der Firma P+S Technik gewählt. Das Model verfügt über die Möglichkeit mit dem bereits vorgestellten Objektivkontrollsystem von cmotion ausgestattet zu werden. Auch für die Stereobasis und die Konvergenz sind Möglichkeiten einen Motor zur Fernsteuerung anzubringen vorhanden.⁴⁰ Die Kameras werden im rechten Winkel zueinander montiert, wobei eine Kamera von senkrecht oben und eine im herkömmlichen Aufbau frontal auf die Szene gerichtet ist. Das Bild wird mit einem halbtransparenten Spiegel geteilt und gelangt so auf beide Kamerachips. Die Kamera, die von oben auf den Spiegel gerichtet ist, ist fixiert was die horizontale Bewegung betrifft, le-

⁴⁰ Vgl. <http://www.pstechnik.de/en/3d-rig.php>

diglich eine Rotation für die Einstellung des Konvergenzwinkels ist möglich.⁴¹

Die Kamera, die waagrecht angebracht ist, lässt sich seitlich zur zweiten Kamera verschieben. Somit lässt sich eine Stereobasis von 0 cm bis 12 cm einstellen.⁴² Wenn die Kameras angebracht sind, muss zunächst die Position und Ausrichtung kalibriert werden. Dazu werden die beiden Kameras anhand der Kontrolle an Testbildern zunächst so justiert, dass die Stereobasis bei 0 cm liegt und der Konvergenzwinkel bei 0 Grad. Danach werden die digitalen Zähler für beide Parameter auf 0 gesetzt.⁴³

Als Kameramodel wird die F35 des Herstellers Sony gewählt. Die Kamera ist mit einem 35mm CCD Bildsensor ausgerüstet und zeichnet Bilder mit einer Auflösung von 1920x1080 in FullHD auf.⁴⁴ Dabei wird im 4:4:4 RGB Modus aufgezeichnet, jedes Pixel wird also in der vollen Farbauflösung aufgezeichnet und nicht mit benachbarten Pixeln interpoliert. Die F35 beherrscht die standardmäßigen Bildraten von 59,94i/50i bis zu 59,94p/50p.⁴⁵

Aufgezeichnet wird auf HDCam-SR Kassetten. Das momentan modernste Kassettenformat auf dem Markt erlaubt die Aufzeichnung im 4:4:4 RGB Modus auf bis zu 124 Minuten langen Kassetten. Der notwendige SR-Rekorder SRW-1 kann entweder direkt an der Kamera angebracht werden, über eine HD-SDI Dual-Link oder über die Glasfaserschnittstelle CA-F101 mit der Kamera verbunden werden.⁴⁶ Obwohl die Möglichkeit darin besteht, mit einem Rekorder zwei separate HD Bildströme im 4:2:2-Dual-Stream-Modus aufzunehmen, wird bei dem Spiegel-Rig jede Kamera mit einem eigenen Rekorder ausgestattet, um die bestmögliche Bildqualität zu erzielen.

Die Steuerung der Kameraeinstellungen erfolgt wie zuvor mit dem System von Cmotion.

⁴¹Vgl.

http://www.pstechnik.de/downloads/25003_User%20Manual_Standard_Rig_110124_web.pdf

⁴² Vgl. <http://www.pstechnik.de/en/3d-rig.php>

⁴³Vgl.

http://www.pstechnik.de/downloads/25003_User%20Manual_Standard_Rig_110124_web.pdf

⁴⁴ Vgl. <http://www.sony.de/biz/product/hdcamsrcamcorders/f35/technicalspecs>

⁴⁵Vgl. <http://www.sony.de/biz/product/hdcamsrcamcorders/f35/features>

⁴⁶Vgl. <http://www.sony.de/biz/product/hdcamsrcamcorders/f35/overview>



Abbildung 6: Spiegel-Rig, Quelle: <http://www.stereo-3d-info.de>

3.2.4.3 Single-Piece-3D-Camcorder

Der AG-3DA1 Camcorder der Firma Panasonic ähnelt vom Aussehen und der Handhabung her den herkömmlichen 2D-Handheld-Camcordern, wie etwa dem Panasonic HVX 200 Model. Im Kameragehäuse befinden sich ein fest verbautes Objektivgehäuse mit zwei Objektiven, die separat auf zwei 1/4 Zoll 3MOS Chip-einheiten aufzeichnen. Beim 3MOS wird das Bild per Strahlenteiler in seine Rot, Grün und Blauanteile aufgeteilt und einzeln aufgezeichnet. Die Kamera kann in den üblichen Bildraten von 25p/50i und 30p/60i bei einer Auflösung von 1920x1080 und bei 1280x720 auch in 50p und 60p aufnehmen. Außerdem ist eine native Aufzeichnung von 24p möglich.

Die beiden Bildströme werden entweder direkt über HD-SDI per BNC Kabel ausgegeben und extern aufgezeichnet oder im Camcorder auf zwei SD/SDHC Karten mit maximal 32GB Speicherkapazität gespeichert. Das entspricht einer maximalen Aufnahmedauer von 180 Minuten. Aufgezeichnet wird im AVCHD-PH Codec, der auf dem MPEG-4 AVC/H.264 Codec aufbaut.⁴⁷

Beim AG-3DA1 lässt sich neben den üblichen Parametern wie Brennweite, Blende und Schärfe lediglich die Konvergenz einstellen. Die Stereobasis ist mit 6,5 cm dem durchschnittlichen Abstand der menschlichen Augen angepasst und lässt sich nicht variieren. Das Einstellen der Konvergenz erfolgt über den Sucher oder den LCD-Ausklappbildschirm, in dem beide Bilder halbtransparent übereinander gelegt werden. Dort wo die Objektkanten deckungsgleich sind, liegt die Konvergenzebene. Eine eindeutige Einstellung der Schärfe und der Konvergenz

⁴⁷Vgl. http://pro-av.panasonic.net/en/3d/ag-3da1/index.html#anchor_ps

ist auf dem kleinen Bildschirm aber nur schwer möglich. Über einen externen 3D-fähigen Bildschirm, der über den HDMI Ausgang der Kamera das Bildsignal erhält, kann die Gestaltung der Tiefenwirkung wesentlich genauer vorgenommen werden.⁴⁸

Über drei Mini-Klinke Anschlüsse für Zoom, Schärfe und Konvergenz kann eine Fernsteuerung über eine externe Hardware erfolgen.⁴⁹

Der größte Vorteil stereoskopischer Aufnahmen mit einem S3D-Camcorder zu machen ist, die im Vergleich zuvor vorgestellten Rigs, unkomplizierte Bedienung. Wenn es darum geht erste Erfahrungen im Bereich Stereo-3D zu sammeln, sind kompakte S3D-Camcorder wie der Panasonic AG-3DA1 sehr gut geeignet.⁵⁰



Abbildung 7: Single-Piece-S3D-Camcorder Panasonic AG-3DA1,

Quelle: <http://www.itechnews.net>

3.3 Aufnahmeformate

Für die Qualität der stereoskopischen Produktion spielt das digitale Aufnahmeformat genau dieselbe Rolle wie bei einer 2D Produktion. Je niedriger die Datenkompression ist, je höher ist die Bitrate und je höher die Abtastfrequenz der Farb- und Helligkeitssignale, desto höher ist die Qualität des Materials. Die Vorteile mancher Formate ergeben sich erst, wenn es um das Thema Materiallogistik, also Übergabe an die Postproduktion oder Datensicherung, geht. Da der Trend momentan zu bandlosen Produktionsworkflows übergeht, macht auch im stereoskopischen Bereich eine Aufnahme auf Festplatten oder Flashspeicher Sinn.

⁴⁸Vgl. Film&TV Kameramann 08/2011, S. 14 ff

⁴⁹ ebenda

⁵⁰ ebenda

Die beiden Teilbildströme befinden sich im optimalen Fall auf einer Speichereinheit und können so einfach gesichert und ohne Echtzeitüberspielen in den Postproduktionsworkflow übergeben werden. Der Workflow wird im Kapitel 3. noch ausführlicher beschrieben.

3.3.1 HD-CAM SR

Das HDCam-SR Kassettenformat wurde 2003 von Sony eingeführt. Die Form der Kassette basiert auf dem HDCam Format. Die Aufzeichnungsauflösung beträgt 1080i bzw. 1080p und 720i bzw. 720p. Das Videosignal kann im 4:4:4-RGB oder YCbCr-4:2:2 Modus mit 10Bit aufgezeichnet werden. Wird der YCbCr-Modus gewählt, können zwei Full HD Streams auf einem Band aufgezeichnet werden. Dies hat natürlich eine Verkürzung der Aufnahmedauer zur Folge. Das Format kann in allen gängigen Bildraten aufzeichnen, 23,97, 24, 25 und 30p wie auch 50, 59,97 und 60i.⁵¹

Im SQ-Modus wird eine Daterate von 440 MBit/s verwendet und im HQ-Modus 880 MBit/s. Dies ist kein unkomprimierter Datenstrom, zum Einsatz kommt hier ein Codec, der auf dem MPEG-4 System aufbaut. Die Kompressionsrate ist im 1080i-Modus beispielsweise nur 4,2:1. Das HDCam-SR Format ist weiterhin in der Lage bis zu 12 Tonspuren aufzuzeichnen.⁵²

Die Kassetten sind in einer Länge von 6 bis 124 Minuten erhältlich, die Aufzeichnungsdauer variiert dabei in Abhängigkeit von der gewählten Qualität und der Bildrate.

Das Format ist aufgrund seiner hohen Qualität, besonders für stereoskopische Filmproduktionen geeignet. Die niedrige Datenkompression und die hohe Farbauflösung erlauben eine umfangreichere Nachbearbeitung als andere Kassettenformate. Zusätzlich können bei S3D-Produktionen mit niedrigem Budget auch zwei Kameras auf einem Band aufgezeichnet werden. Dies bringt, neben der Kostenersparnis für Material und Rekorder, auch Vorteile beim Datenhandling, da beide Spuren bereits auf einem Medium vorhanden sind.

3.3.2 Cindeck

Cinedeck ist ein Festplattenrekorder der Firma Cineform, der in der Lage ist zwei HD-SDI Bildströme aufzuzeichnen und sich damit für den Einsatz während einer S3D-Produktion eignet. Es können unkomprimierte 4:2:2 und 4:4:4 Bildströme aufgezeichnet werden oder das Videosignal wird direkt in Apple ProRes, DNxHD

⁵¹ Vgl. <http://www.camworks.de/video-format-hdcam.html>

⁵² Vgl. http://www.film-tv-video.de/glossar_entries+M504c48bc034.html?&type=0

oder den Cineform Codec umgewandelt. Hierfür wird ein Quicktime-Container verwendet. Aufgezeichnet wird aus einem austauschbaren Solid State Drive, welches eine hohe Zugriffsgeschwindigkeit garantiert. Über einen HDMI oder HD-SDI Ausgang kann direkt ein Monitor angeschlossen werden. Über einen eingebauten Monitor, können alle Aufnahmeeinstellungen getroffen werden. Bei der Auflösung kann zwischen SD und HD in diversen Bildraten und den oben genannten Codecs gewählt werden. Der Cineform Codec eignet sich besonders gut für die Produktion einer S3D-Produktion, da hier die Daten mit bis zu 12Bit aufgezeichnet werden können und außerdem beide Teilbildströme direkt in einem Quicktime-Container zusammen gespeichert werden, was für die Postproduktion und das Datenhandling sehr vorteilhaft ist. Im Zusammenspiel mit dem später vorgestellten Programm Neo3D, ebenfalls von Cineform, das mit den gängigen Schnittprogrammen kompatibel ist, können die Daten dann direkt weiterverarbeitet und an die Schnittsoftware übergeben werden.⁵³

3.4 zusätzliche Technik

3.4.1 stereoskopische Analysewerkzeuge

3.4.1.1 STAN - Stereoscopic Analyser

Ein Werkzeug zur Unterstützung der stereoskopischen Produktion, ist der Stereoscopic Analyzer, kurz STAN, der vom Fraunhofer Heinrich Hertz Institut in Zusammenarbeit mit der Münchener Filmproduktionsfirma KUK entwickelt wurde. Der Kontrollbildschirm ist mit einem Touchscreen ausgestattet. Er analysiert die beiden Bildströme in Echtzeit und korrigiert die stereoskopischen Parameter ebenfalls in Echtzeit. Außerdem errechnet das Tool die optimalen Werte für Stereobasis und Konvergenz und gibt Auskunft über die Farbanteile und Unterschiede zwischen den Bildern.⁵⁴

Die beiden Kamerasignale werden über zwei HD-SDI-Signale an die Analysehardware weitergegeben. Dort wird zunächst das Helligkeitssignal komprimiert und durch einen Bildvergleich mithilfe des SIFT-Algorithmus werden bestimmte Bildpunkte extrahiert und mit dem zweiten Bild verglichen. Daraus lässt sich eine Korrektur für unerwünschte vertikale Disparitäten errechnen und auf die Ausrichtung der Kameras übertragen. Weiterhin können durch den Vergleich der geometrischen Verhältnisse der beiden Kamerabilder Rotationsunterschiede bemerkt

⁵³ Vgl. <http://www.cinedeck.com/content/#/5?type=serial&var=>

⁵⁴ Vgl. <http://www.prime3d.de/fileadmin/downloads/IBC-STAN-E-v3.pdf>

und beseitigt werden.⁵⁵

Durch den Vergleich übereinstimmender Bildpunkte aus der SIFT-Analyse können die Disparitäten zwischen den Bildpunkten im rechten und linken Bild bestimmt und grafisch dargestellt werden. Daraus lassen sich Nah- und Fernpunkt berechnen und es kann erkannt werden, wann das Tiefenbudget ausgereizt ist. Es werden also Tiefeninformationen für die Objekte im Bild errechnet und dargestellt. Bei einem Dreh mit parallel ausgerichteten Kameras, also mit einer im unendlichen liegenden Konvergenzebene, wird durch eine Verschiebung der Bilder zueinander die Konvergenzebene nach vorne verschoben und eine Prävisualisierung des stereoskopischen Bildes wird erstellt.⁵⁶

Eine Überschreitung des Tiefenraums, das Positionieren eines Objektes vor dem Nahpunkt bzw. hinter dem Fernpunkt, würde zu Komplikationen beim Betrachter durch zu große negative oder positive Parallaxen führen. Aus den berechneten Disparitätswerten kann zur besseren Veranschaulichung ein Histogramm auf dem Bildschirm dargestellt werden.

Weiterhin errechnet die STAN Hardware aus den Disparitäten, der aktuell eingestellten Stereobasis und dem optimalen Tiefenraum, eine optimale Stereobasis und der Stereograph bzw. der Benutzer wird gewarnt, falls Objekte das Stereofenster verlassen.

Außerdem werden die beiden Bilder auf Unterschiede in den Farbeinstellungen, Kontrastdifferenzen und Helligkeitsunterschiede hin analysiert und gegebenenfalls korrigiert.

Neben der Funktion eines Analysewerkzeugs kann das System als Prävisualisierungshardware das Gesamtbild an einen 3D fähigen Monitor weitergeben. Zudem ist es möglich die Kameraparameter über die Software zu steuern.⁵⁷

⁵⁵ Vgl.

http://www.hhi.fraunhofer.de/fileadmin/hhi/Bilder/Abteilungen/IP/Applications/STAN/stan_short_paper.pdf

⁵⁶ Vgl. <http://www.slashcam.de/artikel/Interviews/Nichts-ist-schneller-versaut-als-ein-stereoskopisches-Bild--Konvergenz-Philosophien--Depth-Grading-und-Schaerfe.html#Konve>

⁵⁷ Vgl. http://www.cic.unb.br/~mylene/PI_2010_2/ICIP10/pdfs/0004029.pdf



Abbildung 8: STAN auf einem Side-by-Side Rig mit Fraunhofer IIS MicroHD Kameras, Quelle: <http://www.prime3d.de>

3.4.1.2 Sony MPE-200

Die Sony MPE-200 ist ähnlich wie STAN ein Bildkorrekturwerkzeug, um die Teilbilder einer stereoskopischen Produktion optisch anzugleichen und somit das 3D-Seherlebnis zu optimieren.⁵⁸

Die Hardware wurde beispielsweise bei der WM 2010 eingesetzt, um eine S3D-Liveübertragung der Fußballspiele möglich zu machen. Der Vorteil lag hier in der Möglichkeit die Differenzen, die zwischen den Teilbildern durch Verwendung eines Zoomobjektivs entstehen, auszugleichen.

Bedingt durch die während der Herstellung nicht umgehbaren Fehler und Toleranzen in den Linsen der Objektive unterscheiden sich baugleiche Objektive trotzdem. Wird die Brennweite verändert und anschließend wieder zurückgesetzt kann sich unter Umständen der Bildmittelpunkt verschieben. Dies kann zu unerwünschten vertikalen Parallaxen führen. Die MPE-200 ist in der Lage diesen Fehler, nach dem das Gerät für das jeweilige Objektiv einen Testlauf durch die Brennweiten gemacht hat, digital auszugleichen.⁵⁹

Die MPE-200 Box ist dafür ausgelegt HD Teilbilder in Echtzeit zu verarbeiten und zu korrigieren. Die Teilbilder werden auf ihre geometrische Übereinstimmung geprüft und auch die Farbwerte zwischen den beiden Bildströmen werden verglichen und korrigiert. Weiterhin ist eine Konvergenzkontrolle möglich.⁶⁰ Die Box

⁵⁸ Vgl. <http://www.sony.de/biz/product/multiformatimageproc/mpe-200/overview>

⁵⁹ Vgl. http://www.film-tv-video.de/index.php?id=newsdetail&tx_ttnews%5Btt_news%5D=38724&no_cache=1

⁶⁰ Vgl. <http://www.sony.de/res/attachment/file/48/1237478260248.pdf>

hat vier HD-SDI Aus-und Eingänge. Demnach können theoretisch zwei S3D-Bilder gleichzeitig verarbeitet werden. Außerdem ist ein BNC-Eingang für den Synchrontakt vorhanden. Über einen Ethernet-Anschluss wird ein Laptop angeschlossen.⁶¹

Über diesen kann die Box mit der zugehörigen Software von Sony, MPES-3D01 gesteuert werden. Es können Korrekturen angezeigt werden und zusätzliche Kontrollwerkzeuge stehen zur Verfügung, um die Bilder für das linke und rechte Auge miteinander zu vergleichen.⁶²



Abbildung 9: Sony MPE-200, Quelle: <http://shop.teltec.de>

3.4.2 3D-Monitor

Um während der Drehphase die Kameras nicht nur auf der Basis von berechneten Parametern auszurichten, sondern einen Eindruck von der Wirkung auf der Kinoleinwand bzw. dem Wiedergabemedium zu erzeugen, ist ein 3D-fähiger Monitor unabdingbar. Er dient dem Stereographen als Hilfsmittel zum Ausrichten der Kameras und dem Einstellen oder eventuellen Korrigieren der stereografischen Parameter. Auch Regisseur und Kameramann können auf der Basis des 3D Bildes über die Bildgestaltung und Tiefenwirkung entscheiden.

Zu beachten bleibt dabei immer, dass, wie bereits erwähnt, der erzielte 3D-Effekt

⁶¹ Vgl. <http://www.sony.de/biz/product/multiformatimageproc/mpe-200/technicalspecs>

⁶² Vgl. <http://www.sony.de/biz/product/multiformatimageproc/mpe-200/features>

maßgeblich von der Größe der darstellenden Fläche abhängt.

Der Monitor wird am Filmset mit den beiden Signalen für das linke und rechte Auge gespeist. In der Regel geschieht dies über HD-SDI Verbindungen. Eine farbechte Wiedergabe bietet die Möglichkeit die Farb- und Helligkeitsparameter der beiden Teilbilder aufeinander abzustimmen. Dies wird durch eingebaute Vektorskop- und Waveformanzeigen unterstützt.⁶³

Ist die Ausrichtung der Kameras parallel und nicht bereits konvergiert, müssen die Signale der Kameras, bevor sie zum Monitor gelangen, durch weitere Monitoring-Technik, wie beispielsweise den bereits erwähnten stereoscopic analyser, durch Festlegen einer Konvergenzebene prävisualisiert werden. Der in der Postproduktion gründlich durchgeführte Vorgang wird hier simuliert. So kann das stereoskopische Bild auf dem 3D-Monitor wiedergegeben werden.

Die Darstellung erfolgt entweder über das Polarisationsverfahren oder über das Anaglyphverfahren. Bei letzterem ist eine farbechte Wiedergabe problematisch. Als Vorteil erweist sich aber die Rot- und Cyan-Darstellung der beiden Teilbilder für eine optische Kontrolle des Gesamtbildes ohne 3D-Brille. Ist keine unterstützende Technik wie STAN vorhanden, können Bildverzerrungen wie vertikale Disparitäten, durch den Farbunterschied zwischen den Teilbildern leicht erkannt werden. Außerdem lässt sich die vertikale Disparität bzw. der Parallaxenunterschied so ebenfalls beurteilen.

3.4.3 Software zur Berechnung der Parameter

Um während der eigentlichen Produktionsphase nicht zu viel Zeit mit dem Kalkulieren von Parametern zu vergeuden, sind Programme hilfreich, die die Berechnungen von beispielsweise Stereobasis oder Nah- und Fernpunkt übernehmen. Während der Produktion, aber auch bereits in der Vorproduktionsphase, können solche Programme genutzt werden, um die Tiefenwirkung eines Bildes zu planen und zu simulieren, ohne praktisch am Rig alle Einstellungen zu durchlaufen. So werden bereits in der Planungsphase des Drehs grobe Werte für die Einstellungen festgelegt.

Die Software verarbeitet die Größe der darstellenden Projektionsfläche, das benutzte Rig, den Kamerateyp, Brennweite, Schärfentiefe und die Entfernungen, der im Bild sichtbaren Objekte zueinander, und errechnet daraus Werte für Stereobasis, Konvergenzwinkel und die zu erwartende maximale positive und negative Parallaxe. Andersherum ist auch eine Angabe der gewünschten maximalen positiven und negativen Parallaxe möglich. Dementsprechend werden dann Entfer-

⁶³ Vgl.

<http://catalog2.panasonic.com/webapp/wcs/stores/servlet/ModelDetail?storeId=11201&catalogId=13051&itemId=243666&catGroupId=14625&surfModel=BT-LH1760&displayTab=O>

nungen für Bildobjekte angegeben.⁶⁴

Ein Beispiel für eine solche Software ist der "Stereoscopic Calculator" der Firma Stereotec. Die Software läuft auf MacOSx und Windows Betriebssystemen. Über einen Laptop ist diese auch am Set verfügbar.⁶⁵

Um noch mobiler am Filmset zu sein, gibt es auch für Mobiltelefone entsprechende Programme, die sich auch für den professionellen Einsatz eignen.⁶⁶

3.5 zusätzliches Personal

3.5.1 Stereograph

Der Stereograph ist speziell für die Überwachung und Gestaltung des stereoskopischen Workflows zuständig. Schon während der Vorproduktion nimmt er eine beratende Funktion ein, plant den kompletten technischen Workflow und berät in Zusammenarbeit mit dem Kameramann über die verwendeten Kamertypen und das passende Rig. Des Weiteren testet er das verwendete Kamerasetup im Vorfeld intensiv auf Tauglichkeit und das passende Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten und kümmert sich auch um die Beschaffung und Disposition von weiterem technischem Equipment, wie beispielsweise Lösungen für die Prävisualisierung der beiden Teilbildern zu einem stereoskopischen Bild⁶⁷

Zusammen mit dem Regisseur plant er weiterhin die möglichen verwendbaren Stereoparameter für jede Einstellung oder Szene. Er ist also auch während der Erstellung eines Storyboards vor Ort, um die möglichen stereoskopischen Einstellungen zu besprechen. Es wird ein Tiefenskript erstellt, an dem sich während der Produktion Regie, Kameraabteilung und der Stereograph selber orientieren können. Da zur Zeit viele Filmschaffende noch keine oder wenig Erfahrung mit dem Produzieren von stereoskopischen Bildern haben, ist eine erfahrene Fachkraft, die bereits während der Planung oder sogar schon während des Verfassens des Drehbuchs zur Seite steht, äußerst wichtig.⁶⁸ Während des Drehs betreut der Stereograph den Aufbau der stereoskopischen Kamera und der übrigen, für die stereoskopische Produktion relevanten, Technik. Darunter fallen auch das Wechseln von Objektiven, das bei einem Stereo-3D-Rig wesentlich länger als bei einem 2D-Dreh dauern kann. Dies und die nachträgliche Neueinstellung der relevanten Werte geschieht in Zusammenarbeit mit dem Kameraassistenten. Weiter-

⁶⁴ Vgl. http://stereotec.com/STEREOTEC_products_2010_07.pdf

⁶⁵ Vgl. <http://stereotec.com/products.html>

⁶⁶ Vgl. <http://www.reald.com/content/proProducts.aspx?pageID=156>

⁶⁷ Vgl. Film&TV Kameramann 02/2011, S.63

⁶⁸ Vgl. Film&TV Kameramann 02/2011, S.60

hin unterstützt der Stereograph den Kameramann und die Regie bei der Ausarbeitung der optimalen Einstellung des Tiefeneindrucks. Zusätzlich muss der Stereograph gegebenenfalls mit dem VFX-Supervisor über die eventuellen Einschränkungen oder Anforderungen an das stereoskopische Bild für eine spätere VFX-Bearbeitung reden. Schließlich ist seine Aufgabe das Material an die Postproduktion zu übergeben und dort weiterhin einen korrekten, von ihm ausgearbeiteten Workflow zu überwachen und die erforderlichen Bildkorrekturen, wie zum Beispiel geometrische Anpassungen in Zusammenarbeit mit dem Personal der Postproduktion, durchzuführen.⁶⁹

Der Stereograph muss also in mehreren Teilbereichen der Filmproduktion Fachkenntnisse vorweisen. Er sollte sich mit den gängigen Kamertypen, Aufnahmeverfahren und Postproduktionslösungen genauso gut auskennen wie mit Bildgestaltung und der Organisation des Drehs. Selbstverständlich sind auch die Kenntnisse über das Prinzip der Stereoskopie, die Anwendung der Parameter und ihre Auswirkungen, Anforderungen an einen Stereographen.

Dem Stereographen kann, wie dem Kameramann auch, ein Assistent unterstellt werden, der beispielsweise die Einstellung von Stereobasis und Konvergenz übernimmt.

3.6 Besonderheiten der S3D-Liveproduktion

Ein Event, wie zum Beispiel ein Fußballspiel oder ein Konzert, live in S3D zu produzieren unterliegt gewissen Schwierigkeiten. Stereobasis und Konvergenz können nicht vor jedem Schnitt feinjustiert werden und die sonst in der Postproduktion vorgenommenen Änderungen müssen in Echtzeit geschehen. Anhand der Live-Produktion eines Konzerts der Band "Die Fantastischen Vier", welches aufgezeichnet und außerdem live per Satellit in verschiedene Kinos übertragen wurde, wird der Mehraufwand deutlich.⁷⁰

Insgesamt kam eine verhältnismäßig geringe Anzahl von fünf Kamerakonfigurationen zum Einsatz. Ein Spiegel-Rig wurde auf einem Kran montiert, ein Spiegel-Rig befand sich auf einem Dolly befestigt vor der Bühne und ein weiteres Spiegel-Rig befand sich auf der linken Bühnenseite, um flexibel agieren zu können. Außerdem wurde ein Kamera-Set-Up links vor der Bühne auf einem Stativ platziert. Die letzte Kamera war eine Side-by-Side-Konfiguration, die dank ihrer Handlichkeit sehr flexibel auf der Bühne agieren konnte. Die gewollt große Stereobasis liefert dabei eine große Stereotiefe, also ein starken räumlichen Ein-

⁶⁹ Vgl. Film&TV Kameramann 02/2011, S.63

⁷⁰ Vgl. Film&TV Kameramann 11/2010, S.14

druck. Statt Zoomoptiken wurden Festbrennweiten verwendet, da ein sauberes synchrones Verschieben der Brennweite technisch schwierig zu realisieren ist.⁷¹

Der Personalaufwand in der Liveregie wuchs um einen um drei Stereographen an, die sich um die Stereobasis und Konvergenz kümmerten. Zudem wurden neben dem Bildregisseur noch ein Stereoskopie-Regisseur, der für die Tiefengestaltung verantwortlich ist, eingesetzt. Nachdem das Bild durch diesen in seiner Tiefenwirkung gestaltet wurde, konnte der Bildregisseur auf die jeweilige Kamera wechseln lassen.⁷²

Um eine Korrektur und ein Angleichen der Teilbilder in Echtzeit durchführen zu können, wurden zwei Stereo-Analysetools eingesetzt, die vor der Bildregie die Bilder korrigierten. Hier kam das STAN-System des Fraunhofer Heinrich-Hertz-Instituts zum Einsatz. Denkbar wäre hier auch ein Einsatz des MPE-200 von Sony gewesen.⁷³

Die Daten wurden für eine spätere Auswertung auf einem Festplattenrekorder gespeichert. Hier wurde auf das Verfahren des Venice-Server der Firma DVS zurückgegriffen.

⁷¹ Vgl. Film&TV Kameramann 11/2010, S.15

⁷² Vgl. Film&TV Kameramann 11/2010, S.15

⁷³ Vgl. Film&TV Kameramann 11/2010, S.16

4 S3D in der Postproduktion

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem Arbeitsablauf vom Einlesen bzw. dem Einspielen des Bild- und Tonmaterials bis zum Mastering und Finishing eines audiovisuellen Produkts. Die Workflowbeschreibung konzentriert sich auf die Bearbeitung von Material, das direkt mit der Kamera aufgezeichnet wurde und stellt Postproduktionsabschnitte wie das Compositing, mit am Computer generiertem Material, und das Erstellen von 3D-Animationen in den Hintergrund.

4.1 Vorbereitung des Materials

4.1.1 Qualitätssicherung während der Produktion

Neben der Kontrolle des stereoskopischen Bildes am Set mithilfe eines Monitors und dementsprechender Monitoring-Technik kann das Material am Ende des Tages direkt an die Postproduktion übergeben werden und dort bereits genauer kontrolliert bzw. für den Schnitt vorbereitet werden. Es werden die üblichen Parameter wie zeitliche und geometrische Symmetrie und die Farbwerte bei beiden Teilbildern überprüft. Außerdem wird die Parallaxe überprüft und das Bild wird auf Objekte, die außerhalb des möglichen Tiefenraums liegen, analysiert. Sofern der Postproduktion eine Leinwand zur Verfügung steht kann hier das Bild besser auf seine stereoskopischen Qualitäten überprüft werden, da die Projektion der Projektionsfläche im Kino näher kommt, als der Stereo-Monitor am Set.

Der Vorteil dieser Kontrolle ist, dass ein generelles Feedback für Regisseur, Kameramann und Stereograph möglich ist und dass im Falle eines gravierenden Fehlers eventuell ein Nachdreh erfolgen kann, dessen Kosten geringer gehalten werden können, als nach vollständiger Beendigung der Dreharbeiten.⁷⁴

⁷⁴ Vgl. Digital Production 04/10, S.108

4.1.2 Übergabe des Materials

Die Übergabe des Materials erfolgt möglichst durch den Stereograph. Dieser hat den Überblick über das Material und die eventuell vorhandenen Metadaten, die beispielsweise bei der Verwendung des stereoscopic analyser generiert wurden.

Liegt Material vor, das auf Kassetten aufgenommen wurde, muss es zunächst in Echtzeit eingespielt werden. Aufgrund des oft sehr hohen Materialaufkommens und der begrenzten und teuren Verfügbarkeit von Speicherplatz wird das Material zunächst in sogenannter Offline-Qualität eingespielt. Hierbei wird das Material mit einer relativ hohen Kompression und somit geringerer Qualität gespeichert. Dennoch sollte die Qualität soweit ausreichend sein, um das Material stereoskopisch betrachten zu können.

Dasselbe gilt für dateibasierte Aufnahmeverfahren. Da die Speichermedien hier allerdings meistens wieder in den Produktionsbetrieb gehen, muss ein Backup der Originaldaten gemacht werden.

Das Material wird idealtypisch und unabhängig vom Aufzeichnungsmedium auf einem Storage Area Network mit integriertem RAID gespeichert. So ist ein schneller Zugriff der verschiedenen Postproduktionsschritte auf dasselbe Material möglich. Die beiden getrennten Datenströme für das linke und rechte Auge sollten dabei immer an einem Ort gespeichert werden. Das Backup der Daten kann auf einem externen Speichersystem erfolgen.

Die Effizienz eines SAN zeigt sich natürlich erst wenn mehrere Postproduktionsschritte in einem Postproduktionshaus erfolgen bzw. die verantwortlichen Unternehmen alle auf das Material zugreifen können.

Da bei einer stereoskopischen Produktion generell mit zwei statt einem Videostrom gearbeitet wird, verdoppelt sich auch die Datenrate. Damit eine zumutbare Bildqualität und die Echtzeitwiedergabe gewährleistet ist, sollte wie bereits erwähnt, ein Hardware-Raid-System mit mindestens zwei physischen Laufwerken zum Einsatz kommen. Das RAID sollte entweder über FibreChannel, ESata oder eine 10Gbit-Ethernetverbindung mit dem PC oder MAC in Verbindung stehen, um eine ausreichende Bandbreite auch bei Formaten mit höherer Bitrate zu gewährleisten.

4.1.3 Digital Asset Management

Das Ordnen der Videodaten vor dem eigentlichen Beginn der Postproduktion, ist bei stereoskopischen Projekten besonders wichtig, da hier immer zwei Teilbilder

vorhanden sind, die jederzeit zusammen archiviert und gespeichert werden sollten. Falls die Zuordnung und Benennung der Clips nicht schon in der Kamera am Set geschieht, muss dies sofort nach Übergabe der Daten an die Postproduktion geschehen. Bei kassettenbasiertem Material kann dies während des Einladens der Kassetten vorgenommen werden. Wichtig ist vor allem, dass zusammengehörende Daten den gleichen Namen tragen und dass sie so gekennzeichnet sind, dass linkes und rechtes Teilbild unterschieden werden können. Zur Unterstützung der Datenverwaltung kann Software wie beispielsweise die Software CatDV professional der Firma squarebox eingesetzt werden. Die Software kann für das Einspielen von Kassetten in verschiedenen Kompressionen oder das Importieren und Analysieren von dateibasiertem Material im Quicktime-Container verwendet werden. Durch das hinzufügen von Metadaten können Informationen über den Clip gespeichert werden. Die Software ist außerdem mit diversen Schnittsystemen kompatibel und kann beispielsweise MXF Daten für den Avid Media Composer bereitstellen.⁷⁵

4.2 Offline-Schnitt

Das Kapitel konzentriert sich bei der Darstellung des Workflows für den Offline-Schnitt auf die beiden wichtigsten non-linearen Schnittsysteme, den Media Composer von Avid und Final Cut Pro von Apple. Da diese Systeme bei S3D-Produktionen im hohen Auflösungs- und Datenratenbereich an ihre Grenzen stoßen, wird im weiteren Verlauf des Kapitels 4. noch auf High-End- Finishing Systeme eingegangen, die selbst 4K-S3D-Bildströme in Echtzeit bewältigen können. Um den Kreativschnitt mit stereoskopischer Vorschau durchzuführen, sind die beiden hier vorgestellten Systeme jedoch ausreichend performant.

4.2.1 Avid Media Composer

Der Avid Media Composer ist ab der Version 3.5 in der Lage stereoskopisches Material zu verarbeiten. Die Videodaten werden dazu in den von Avid entwickelten DNxHD Codec umgewandelt. Sollte das Material mit einem parallelen Kameraaufbau aufgezeichnet worden sein, muss das Material vor dem Schnitt mit dem Media Composer einer stereoskopischen Korrektur unterzogen werden. Die Parallaxe und die Konvergenzebene müssen bereits grob eingestellt werden, um eine stereoskopische Darstellung zu ermöglichen. Das eigentliche Einstellen der

⁷⁵ Vgl. <http://www.squarebox.co.uk/professional.html>

Stereoparameter erfolgt aber erst später im Kontext von Schnitt und erzählter Story.

4.2.1.1 Materialvorbereitung

4.2.1.1.1 Dateibasiertes Material

Dateibasiertes Material in Form von Videodateien, etwa im Quicktime Container-format oder als Bildsequenz, muss vor dem Einfügen in die Avid Dateistruktur mit dem Werkzeug Avid MetaFuze zusammengefügt werden, sodass der Avid Media Composer erkennt, dass es sich um zwei Teilbildströme handelt, die zu einem Stereobild zusammengesetzt werden müssen. In MetaFuze werden die zwei Bildströme an ihrem Dateistandort ausgewählt und in einen Stereoclip im DNxHD Codec umgewandelt. Vorher besteht die Möglichkeit, vorhandene Metadaten zu bearbeiten oder neue Metadaten hinzuzufügen. Dies kann beispielsweise bei Bildsequenzen, die in einem 3D Animationsprogramm erstellt wurden der Fall sein, um etwa einen passenden Timecode einzufügen. Anschließend wird die Darstellungsweise der Teilbilder für den Media Composer ausgewählt. Hier kann man zwischen den Darstellungen Interlaced, Side-by-Side, Over/Under und Anaglyphic wählen. Die Auswahl der Teilbildanordnung hängt vor allem von den unterstützten Modi des verwendeten S3D-Monitors ab.

Der stereoskopische Clip wird im gewohnten MXF Container exportiert und kann anschließend über das Media Tool im Media Composer geöffnet werden.⁷⁶

4.2.1.1.2 Kassettenbasiertes Material

Ist das Material für beide Bildströme auf einem Tape aufgezeichnet (Diese Möglichkeit besteht momentan nur bei dem Format HDCAM-SR.) können beide Bildströme in der MAZ getrennt und in der Avid MojoDX oder der NitrisDX Hardware zusammengefügt und als ein Gesamtbild im interlaced-Format eingespielt werden. Dieser entstandene Clip wird von Avid genauso behandelt wie ein mit MetaFuze erzeugter Clip.

Befindet sich das Material für jeweils ein Auge auf einer eigenen Kassette ist das Verfahren aufwendiger. Es müssen nun zuerst beide Teilbildströme einem digitalen Bildmischer zugeführt werden, in welchem beide Quellen in ein Side-by-Side oder Over/Under Format eingefügt werden und dementsprechend so gestaucht werden, dass sie in ein 1920x1080 Raster passen. Der so eingespielte Bildstrom entspricht ebenfalls dem in MetaFuze erstellten Clips.⁷⁷

⁷⁶ Vgl.

http://www.avid.com/static/resources/documents/solutions/Stereoscopic_3D_Guide_sec.pdf

⁷⁷ Vgl.

http://www.avid.com/static/resources/documents/solutions/Stereoscopic_3D_Guide_sec.pdf

4.2.1.2 Schnittvorbereitung und Monitoring

Nachdem der Masterclip eingespielt oder über das Media Tool geöffnet wurde, wird in den Avid Media Composer Einstellungen nun die Teilbildanordnung und die stereoskopische Darstellungsform eingestellt. Neben einer stereoskopischen Ansicht können beide Teilbilder auch einzeln in dem Vorschaumonitor wiedergegeben werden. Für die Darstellung des Materials im Source- und im Recordmonitor besteht die Möglichkeit, sich beide Teilbilder so darstellen zu lassen, wie in MetaFuze eingestellt oder nur jeweils das linke oder das rechte Teilbild. Nach dem Einstellen der erforderlichen Parameter kann nun der Kreativschnitt beginnen.⁷⁸

Die stereoskopische Ausgabe über ein S3D Display ist für den Kreativschnitt unumgänglich. Avid unterstützt hier das interlaced- und das checkerboard-Verfahren. Der Monitor muss also eines der beiden Formate unterstützen. Der Monitor wird entweder direkt über die Grafikkarte angesprochen oder das Signal geht per HD-SDI Kabel von der MojoDX oder NitrisDX Box an den Monitor.⁷⁹

4.2.1.3 Übergabe zur Finalisierung

Da der Avid Media Composer nicht über eigene Werkzeuge zur Tiefengestaltung verfügt und auch keine Möglichkeit bietet das audiovisuelle Werk zu finalisieren, muss der Schnitt an weiterführende Soft- und Hardwarelösungen übergeben werden. Der fertige Schnitt kann als XML oder AAF exportiert werden und darauf von einer Finishing Software importiert und weiterverarbeitet werden. Die Software orientiert sich an der XML oder AAF Datei und greift auf das Material zu.⁸⁰

Da die Quelldateien im Optimalfall auf einem zentralen SAN liegen, ist es nicht notwendig Dateien zu verschieben oder zu kopieren.

⁷⁸ ebenda

⁷⁹ ebenda

⁸⁰ ebenda

4.2.2 Final Cut Pro

Um mit Final Cut Pro stereoskopisch arbeiten zu können wird bei dem hier vorgestellten Workflow, neben dem eigentlichen Schnittprogramm, die Software Neo3D der Firma CineForm mit einbezogen. Die Software dient dazu das Videomaterial der beiden Teilbilder in einen Bildstrom zu verpacken, der dann in Final Cut bearbeitet und als stereoskopisches Bild ausgegeben werden kann. Die Software kann weiterhin für das Einstellen der stereoskopischen Parameter genutzt werden. Die beiden Softwarepakete Final Cut Pro und Neo3D interagieren während des Schnittprozess miteinander. Die Software Neo3D besteht eigentlich aus zwei Programmen: dem Remaster und dem Firstlight.⁸¹

Das hier angenommene Ausgangsmaterial wurde mit zwei parallel ausgerichteten Kameras aufgenommen. Wird bereits konvergiertes Material verwendet, entfallen die Schritte der Konvergenzeinstellung in Firstlight.

4.2.2.1 Materialvorbereitung

Zunächst wird das Rohmaterial mit Remaster in den Active Metadata Codec von CineForm umgewandelt. Das Programm kann mit sämtlichen gängigen Rohmaterialcodecs umgehen. Die Software liest außerdem die angehängten Metadaten der ausgewählten Clips für das linke und rechte Auge. Die Qualität des encodierten Stereo-3D-Clips im CineForm Codec ist variabel, es werden neben HD auch 2K und eine Farbauflösung von 4:2:2 und 4:4:4 unterstützt und es besteht die Möglichkeit die Framerate anzupassen. Die Clips werden nun einzeln, also jeder Teilbildstrom extra, in den Cineform Active Metadata Codec umgewandelt und können dann mit Firstlight weiterverarbeitet werden. Beide Clips werden nun in Firstlight geöffnet und der Nutzer legt fest welcher Teilbildstrom für das linke und welcher für das rechte Auge genutzt werden muss. Vor der Bildanpassung erfolgt das zeitliche synchronisieren der Clips, im Optimalfall orientiert man sich hier an den während des Drehvorgangs synchronisierten Timecodespuren der beiden Dateien. Nun können die für das S3D-Monitoring nötigen vorläufigen Korrekturen vorgenommen werden. Hier können geometrische Korrekturen und Farb- und Helligkeitsanpassungen vorgenommen werden. Je genauer hier gearbeitet wird, desto angenehmer wird der Schnittprozess für den jeweiligen Editor ausfallen. Für die Korrekturen bietet die Software Überwachungswerkzeuge wie Vektoroskop- und Waveformanzeigen.

⁸¹ Vgl. <http://www.cineform.com/neo3d/>

Die beiden Clips werden nun in einen Bildstrom codiert, der dann in FinalCut geöffnet wird.⁸²

4.2.2.2 Schnittvorbereitung

FinalCut Pro und Firstlight laufen nun parallel. Wird ein Clip in FinalCut geöffnet, wird derselbe Clip auch in Firstlight ausgewählt. In Firstlight können dann die Einstellungen für die Konvergenz vorgenommen werden. Die Einstellungen werden dann in Final Cut Pro in Echtzeit angewendet. Die Einstellungen die für den Tiefeneindruck vorgenommen werden, können in Cineform über Keyframes animiert werden. Nachdem die Einstellungen für den jeweiligen Clip vorgenommen wurden, kann dann der Anzeigemodus für das sogenannte Viewer- und das Canvasfenster in Final Cut Pro, sowie für den angeschlossenen Stereo-3D-fähigen Monitor eingestellt werden. Neben den bereits für den Avid Media Composer Workflow erwähnten Einstellungsmöglichkeiten kann hier auch ein anaglyphes Bild ausgegeben werden. Die notwendigen Einstellungen hängen von dem verwendeten S3D-Monitor ab.⁸³

Der weitere Schnittvorgang entspricht dem herkömmlichen Arbeiten mit Final Cut Pro.

4.2.2.3 Monitoring

Das stereoskopische Bild kann entweder über eine Videokarte wie etwa die Kona 3 von AJA oder die Decklink HD Extreme von Blackmagic oder über den zweiten Ausgang der Grafikkarte ausgegeben werden. Die Videokarte gibt die beiden Bildströme getrennt über zwei HD-SDI Verbindungen an den Monitor weiter. Neben den High-End Versionen der beiden Videokartenhersteller, gibt es auch preisgünstigere Komponenten, die beide Teilbilder in einem Strom über HDMI oder HD-SDI ausgeben können. Die Ausgabe über die Grafikkarte erfolgt über HDMI oder DVI. Ein Nachteil ist hier die 8-Bit Ausgabe gegenüber dem 10-Bit Videostrom per HD-SDI.

Eine weitere Ausgabemöglichkeit, die keinen S3D-fähigen Monitor voraussetzt, ist die Ausgabe einer anaglyphen Darstellung auf einem herkömmlichen 2D-Monitor.⁸⁴ Diese Darstellung ist zwar kostengünstig, weist aber auch einige Nachteile auf, die im späteren Verlauf der Arbeit erläutert werden.

4.2.2.4 Übergabe zur Finalisierung

Nachdem der fertige Schnitt vollendet ist, werden beide Teilbildströme einzeln im bestmöglichen Codec exportiert und können dann von Finishingsystemen wie

⁸² Vgl. http://www.cineform.com/pdfs/Pro3d_whitepaper_100825.pdf

⁸³ ebenda

⁸⁴ ebenda

Pablo weiterverarbeitet werden. Es ist möglich eine AAF Datei auszugeben oder eine EDL zu erstellen, die dann von dem Finishing-System eingelesen wird.⁸⁵

4.3 Online-Schnitt, Finishing und spezielle stereoskopische Bearbeitung

Das Unterkapitel "Online-Schnitt, Finishing und spezielle stereoskopische Bearbeitung" behandelt die Postproduktionsschritte, die nach dem Kreativschnitt nötig sind um die Produktion in das Ausgabeformat zu übertragen und die endgültige Farbkorrektur und das Gestalten der Tiefenwirkung durchzuführen. Die Schritte werden hier nicht wie vor dem Schnitt zur Vorschauzwecken durchgeführt, sondern im Kontext des Kreativschnitts und der gewünschten Aussage des Regisseurs endgültig vorgenommen. Es wird ein System vorgestellt, das sich in der Produktion von audiovisuellen Medien durchaus als Standard herausgestellt hat.

4.3.1 Grundlagen der stereoskopische Bearbeitung

4.3.1.1 geometrische Anpassung der Teilbilder

Die Bilder für das linke und das rechte Auge weisen durch eventuell geometrisch falsch eingestellte Kameras, aber auch durch herstellungsbedingte Differenzen zwischen baugleichen Kamerateypen und Objektiven Unterschiede in der Rotation der Bilder oder eine vertikale Parallaxe auf. Grundsätzlich ist es gewünscht, dass beide Teilbilder geometrisch identisch sind, um einen einwandfreien stereoskopischen Tiefeneindruck zu erzielen. Ausgenommen davon ist natürlich die horizontale Parallaxe bzw. die Konvergenz zwischen den Bildern, da dadurch erst der 3D-Effekt entsteht.

Neben der Beseitigung von Rotationsunterschieden und vertikalen Parallaxen, werden außerdem Kissenverzerrungen korrigiert. Beide Bildströme werden mithilfe von Epipolar-Geometrischen Algorithmen verglichen⁸⁶. Dabei werden markante Punkte im Bild analysiert und über deren Korrespondenz, also deren Verhältnis zueinander, können beide Bilder geometrisch angepasst werden.⁸⁷

Sind während der Produktion bereits konvergierte Kameras eingesetzt worden, müssen eventuell entstandene Keystone-Effekte ebenfalls ausgeglichen werden,

⁸⁵ Vgl. http://www.cineform.com/pdfs/Pro3d_whitepaper_100825.pdf

⁸⁶ Vgl. Digital Production 04/10, S.109

⁸⁷ Vgl. http://de.wikipedia.org/wiki/Epipolargeometrie#Automatische_Berechnung

da die Kameras zueinander im Winkel stehen und so horizontale Linien ebenfalls verwinkelt erscheinen.⁸⁸

4.3.1.2 Farbanpassung

Durch nicht vermeidbare kameraspezifische Unterschiede bei den Bildsensoren und den eingesetzten Objektiven, aber auch durch den im Rig verbauten Spiegel entstehen farbliche Unterschiede zwischen den Teilbildern, die in der Postproduktion ausgeglichen werden müssen. Durch das Erstellen einer Disparitätenkarte werden die Objekte, die sich in beiden Teilbildern an verschiedenen Positionen befinden erkannt und können so farblich aufeinander abgestimmt werden. Dieser Prozess läuft weitestgehend automatisch ab, da jedes Frame einzeln korrigiert wird.⁸⁹ Diese Farbanpassung hat jedoch noch nichts mit der später folgenden künstlerischen Farbkorrektur zu tun, die Anpassung der beiden Bilder ist notwendig um eine störungsfreie stereoskopische Wiedergabe zu gewährleisten und um die Basis für die endgültige Farbkorrektur im Kontext der künstlerischen Aussage des audiovisuellen Produkts zu erzeugen.

4.3.1.3 Depth-Grading

Unter Depth-Grading versteht man das Einstellen der Konvergenzebene und somit das Festlegen der positiven und negativen Parallaxe. Es wird festgelegt, welches der Objekte sich auf der Projektionsebene befindet und welche Bildobjekte im Vordergrund und im Hintergrund erscheinen.

Hier ist zu beachten, dass das Einstellen der Parameter auf einer Projektionsfläche geschehen sollte, deren Größe dem des endgültigen Broadcast-Mediums entspricht, also beispielsweise einer Kinoleinwand oder eines TV-Bildschirms, für verschiedene Darstellungsmedien ist also auch eine unterschiedliche Gestaltung des Tiefenraums notwendig.⁹⁰

Beim Depth-Grading werden die beiden Teilbilder zueinander verschoben und es wird so die Konvergenzebene zugewiesen. Diese liegt dort wo sich die Objekte im Bild genau decken, wohingegen andere Objekte negative oder positive Parallaxen aufweisen.

Bei Produktionen, die bereits während des Drehs mit konvergierten Kameras gedreht wurden ist eine spätere Einstellung der Konvergenzebene nur eingeschränkt oder gar nicht möglich. Der Prozess des Depth-Grading beschränkt sich also auf Produktionen mit parallelem Kamera-Setup.⁹¹ Dafür kann hier der Tie-

⁸⁸ Vgl. Film&TV Kamermann 01/201,1 S.69

⁸⁹ Vgl. Digital Production 04/2011, S.109

⁹⁰ ebenda

⁹¹ Vgl. <http://www.slashcam.de/artikel/Interviews/Nichts-ist-schneller-versaut-als-ein-stereoskopisches-Bild--Konvergenz-Philosophien--Depth-Grading-und-Schaerfe.html>

fenraum weitestgehend frei gestaltet werden. Das Depth-Grading ist kein automatisch ablaufender Prozess. Der Techniker arbeitet hier mit dem Regisseur und dem produktionsbegleitenden Stereographen eng zusammen um die gewünschte Konvergenz und die Parallaxe für jede Einstellung folglich der gewünschten Aussage zu justieren.⁹²

4.3.2 Beispiel: Pablo

Pablo ist ein professionelles Farbkorrektursystem der Firma Quantel. Mit zahlreichen Zusatzwerkzeugen, die für eine stereoskopische Bearbeitung entwickelt wurden, hat sich das Pablo-System im Bereich der S3D-Produktionen als eines der Standardwerkzeuge durchgesetzt.

Der Vorteil eines solchen High-End-Systems ist die Bearbeitung des Materials in Echtzeit, also ohne Renderzeiten. Dies ist, neben dem Zeitfaktor, ein ausschlaggebendes Argument, da der Arbeitsfluss nicht durch Wartezeiten unterbrochen wird, was bei S3D-Produktionen vor allem während des Depth-Gradings eine Rolle spielt.⁹³

Die Schnittstelle zwischen dem Schnittsystem und Pablo ist das AAF Format, welches zwar kein offizieller Standard ist, aber von zahlreichen Herstellern der Branche unterstützt und weiterentwickelt wird. Quantels Systeme unterstützen ebenfalls das AAF-Format.⁹⁴

Die importierte AAF Datei übergibt dem System quasi die Schnitt-Timeline aus dem Media Composer oder Final Cut. Da das Material auf einem SAN liegt, werden die Dateien neu verknüpft und von nun an wird das Material in Online-Qualität bearbeitet. Das System unterstützt Auflösungen bis zu 4K. Nun kann der Quantel-Operator mit seiner Arbeit beginnen.⁹⁵

Alle der unter 4.3.1 genannten Schritte können von Pablo ausgeführt werden. Geometrische Korrekturen und eine Farbanpassung werden semiautomatisch durchgeführt. Die Bestimmung der Konvergenzebene wird in Echtzeit ausgeführt, das Endergebnis kann über diverse Ausgabemodi auf einem stereoskopischen Bildschirm oder auf einer Leinwand wiedergegeben werden. Außerdem bietet Pablo Werkzeuge um Bildfehler wie Schmutz auf dem Bild oder Blendenflecke zu entfernen.⁹⁶

Ist die Gestaltung des Tiefenraums durchgeführt kann die finale Farbkorrektur erfolgen. Diese unterscheidet sich nicht von der Farbkorrektur für den herkömm-

⁹² Vgl. Digital Production 04/2011, S.109

⁹³ Vgl. Film&TV Kamermann 01/2011, S.86

⁹⁴ Vgl. <http://www.macup.com/news/talk/8258/>

⁹⁵ Vgl. <http://www.quantel.com/page.php?u=5f855b42334dfa55ce0fdafa6c9dc127>

⁹⁶ Vgl. http://www.quantel.com/repository/files/brochures_stereo3D_a6.pdf

lichen 2D-Film, bis auf das zwei Teilbilder bearbeitet werden. Da Pablo ohnehin als Farbkorrektur-System ausgelegt ist können hier mit den vorhandenen Werkzeugen optimale Ergebnisse erzielt werden. Die Ausgabe des aus gestalterischer Sicht fertiggestellten Projekts erfolgt dann entweder als Ausspielung auf HD-CAM-SR, das zur Zeit einzige kassettenbasierte Format, das einen stereoskopischen Bildstrom aufnehmen kann oder als Datei oder Bildsequenz um für die Distribution weiterverarbeitet zu werden.⁹⁷



Abbildung 10: Quantel Pablo, Quelle: <http://germany.quantel.co.uk>

⁹⁷ ebenda

5 Darstellungsverfahren von stereoskopischem Bildmaterial während der Produktion

Dieses Kapitel beschreibt die verschiedenen Techniken, die momentan eingesetzt werden um die beiden Bildströme, die getrennt aufgenommen wurden auch wieder getrennt wiederzugeben. Es wird in diesem Kapitel auf die im Produktionsbereich verwendeten Techniken eingegangen, dennoch werden zunächst die grundsätzlichen Wiedergabeverfahren erklärt, obwohl im Produktionsbereich nicht alle der Verfahren zur Wiedergabe von S3D-Material genutzt werden. Die anderen Verfahren finden im Broadcast- und Kinobereich Verwendung. Außerdem werden die Eingangsformate, die für die Monitorwiedergabe im Postproduktionsbereich genutzt werden dargestellt.

5.1 S3D Eingangsformate

Wenn beispielsweise die Schnittsoftware ein S3D-Signal an einen Monitor weitergibt, werden dafür verschiedene Formate unterschieden, die bereits im Kapitel Schnitt kurz erwähnt wurden. Hier besteht die Möglichkeit, dass beide Bilder in voller Auflösung übertragen werden oder das beide Signale in einem Signal zusammengefasst werden. Ein Vorteil ist hier, dass nur ein Signalweg, also beispielsweise ein HDMI oder HD-SDI Signal, genutzt werden muss.

Es existieren auch Monitore, die aus zwei separaten Displays bestehen oder eine hohe Auflösung bis 4K haben, auf diese wird hier jedoch nicht eingegangen, da der Preis für solche Techniken momentan noch zu hoch ist.

Die hier vorgestellten Formate werden beim Polarisations- und bei Shutterverfahren genutzt. Bestimmte Monitore unterstützen nur bestimmte Eingangsformate. Bei der Abstimmung eines Postproduktionssystems mit einer Monitoring-Lösung ist darauf unbedingt zu achten.

5.1.1 Side-by-Side, Over/Under(stacked)

Hier werden beide Bilder nebeneinander oder übereinander entweder in voller Auflösung oder in einem Full-HD Bildrahmen verpackt und somit gestaucht. Anschließend werden die Bilder im Monitor getrennt und wieder entzerrt. Ein Monitor, der das Shutterverfahren unterstützt kann beide Teilbilder hintereinander

wiedergeben, bei einem Monitor mit Polarisationsverfahren werden, die Bilder ähnlich wie beim PAL-Zeilensprungverfahren in gerade und ungerade Zeilen aufgeteilt und parallel dargestellt. Dies führt natürlich zu einem Qualitätsverlust in der vertikalen Auflösung. Seltener gibt es auch das Verfahren bei dem die Bilder spaltenweise separiert werden. Hier halbiert sich dementsprechend die horizontale Auflösung.⁹⁸

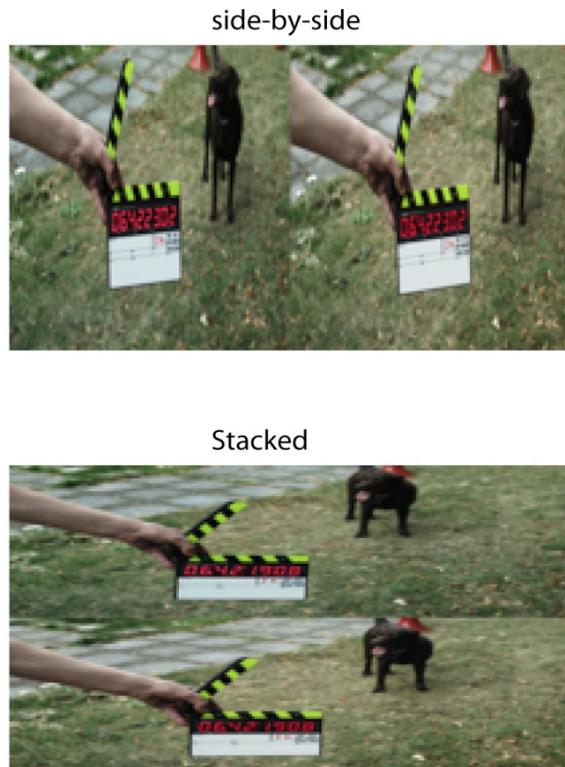


Abbildung 11: side-by-side und over/under(stacked) Übertragung, Quelle: <http://www.cineform.com>

5.1.2 Interlacing(Fields)

Das Interlacing Format, entspricht dem Verfahren, dass beim Side-by-Side oder Over/Under Verfahren im Monitor erstellt wird. Mit dem Unterschied, dass hier das Interlacing der beiden Teilbilder in der Software durchgeführt wird. Hier ist ebenfalls ein Auflösungsverlust in der horizontalen oder vertikalen Auflösung zu beachten. Dieses Ausgabeformat wird von Monitoren, die das Polarisationsverfahren nutzen unterstützt.⁹⁹

⁹⁸ Vgl. Trauer, Holger, Stereo-3D Grundlagen, S.241 ff

⁹⁹ ebenda

Fields



Abbildung 12: Interlaced Übertragung, Quelle: <http://www.cineform.com>

5.1.3 Page-Flipping

Dieses Ausgabeformat wird von Monitoren unterstützt, die das Shutterverfahren anwenden. Hier werden beide Bilder hintereinander in doppelter Frequenz gezeigt. Da beide Bilder hintereinander dargestellt werden, können die Bilder in der vollen HD-Auflösung dargestellt werden. Allerdings werden dann auch zwei Signalwege benötigt.¹⁰⁰

5.1.4 Checkerboard

Beim Checkerboardverfahren, werden beide Bilder ähnlich wie beim Interlacing, ineinander verschachtelt. Allerdings nicht zeilen- oder spaltenweise sondern in Form eines Schachbrettmusters. Auf jedes Pixel aus dem Bild für das linke Auge folgt ein Pixel aus dem Bild für das rechte Auge. In der nächsten Zeile wird die Reihenfolge vertauscht.¹⁰¹

¹⁰⁰ Vgl. Trauer, Holger, Stereo-3D Grundlagen, S.241 ff

¹⁰¹ ebenda

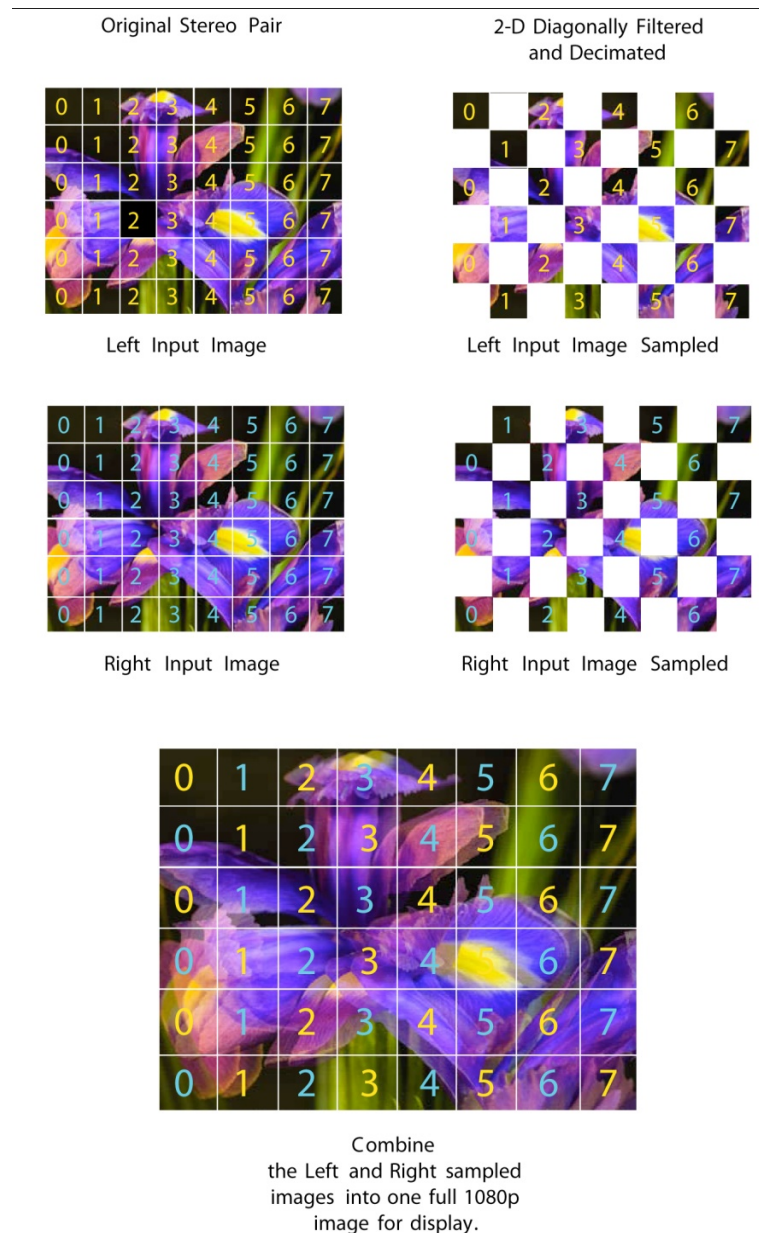


Abbildung 13: Prinzip des Checkerboardverfahrens, Quelle: <http://dlp.com>

5.2 Grundlagen der Wiedergabeverfahren

Man unterscheidet bei den Wiedergabetechniken zwischen aktiven, passiven und autostereoskopischen Verfahren. Bei den aktiven und passiven Verfahren benötigt der Nutzer eine Brille. Das Merkmal der aktiven Brillentechnik ist eine spannungsversorgte Elektronik in der Brille, die die Bildtrennung für das linke und rechte Auge steuert. Die passiven Verfahren benötigt keine elektronischen Komponenten in der Brille.

Die autostereoskopischen Verfahren benötigen keine Brille für eine stereoskopi-

sche Wiedergabe, hier wird das Bild direkt am Bildschirm in seine beiden Teilbilder zerlegt. Obwohl es bereits erste Modelle mit autostereoskopischem Display gibt, ist diese Technik momentan noch unausgereift. Das Verfahren wird sich aber vermutlich in den nächsten Jahren durchsetzen.¹⁰²

5.3 Aktive Verfahren

5.3.1 Shuttertechnik

Die Shuttertechnik basiert auf Brillen mit LCD Gläsern, die separat per elektromagnetischem Signal, beispielsweise einem Infrarotsignal, angesteuert werden und daraufhin kein Licht mehr durchlassen. Der Projektor bzw. der Bildschirm sendet beide Teilbilder abwechselnd in erhöhter Frequenz. Das mit dem Projektor synchronisierte Signal, schließt dann während das Bild für das rechte Auge erscheint, das linke Brillenglas und umgekehrt. So werden beide Augen abwechselnd mit dem korrekten Bildsignal versorgt. Der große Vorteil dieser Technik liegt darin, dass die volle Auflösung des Mediums genutzt werden kann, da die Bilder abwechselnd und nicht überlagert gesendet werden. Des weiteren spielt der Betrachtungswinkel des Nutzer zum Wiedergabemedium keine Rolle. Ein Nachteil ist die benötigte Stromversorgung der LCD-Brillen. Wird die Technik im Kino genutzt, ist es nicht nötig eine spezielle Leinwand anzuschaffen.¹⁰³



Abbildung 14: Shutterbrille, Quelle: <http://www.heise.de>

¹⁰² Vgl. Film&TV Kameramann 02/2011, S.52 ff

¹⁰³ Vgl. Film&TV Kameramann 02/2011, S.54 ff

5.3.1.1 Nvidia 3D Vision

Ein Beispiel für ein auf Shuttertechnik basierendes S3D-System, ist das 3D Vision System von Nvidia. Über eine Nvidia Grafikkarte, der Quadro oder GeForce Reihe, wird ein Signal mit einer Frequenz von 120 Hertz an einen kompatiblen Projektor bzw. Bildschirm gesendet. Für jedes Auge ergibt sich demzufolge eine Frequenz von 60 Hertz. Zusätzlich sind eine Shutterbrille und eine Funkeinheit notwendig, die das wechselnde Bild mit dem Abblenden der Brillengläser synchronisiert. Das Nvidia System ist mit zahlreichen Projektoren und Bildschirmen kompatibel.¹⁰⁴

Von den vorgestellten Schnittsystemen wird das System allerdings bisher nicht unterstützt. Die Programme sind nicht in der Lage ein stereoskopisches Bild in dem benötigten hochfrequenten Format über die Nvidia Grafikkarte auszugeben. Allerdings bietet sich das Format als Screening-Lösung, also für das Vorführen einer Produktion in Postproduktionsfirmen an. Des Weiteren kann das System im Zusammenhang mit Compositing- oder 3D Animationsprogrammen genutzt werden. Kompatibel sind hier beispielsweise The Foundry's Nuke oder Maya von Autodesk. Die einzige unterstützte Schnittsoftware ist Premiere von Adobe in Verbindung mit dem bereits vorgestellten Neo3D.¹⁰⁵

5.4 Passive Verfahren

5.4.1 Anaglyphentechnik

Das Anaglyphenverfahren ist das älteste und technisch simpelste Verfahren um ein stereoskopisches Bild zu betrachten. Beide Teilbilder werden überlagert auf eine Leinwand projiziert oder auf einem herkömmlichen 2D-Bildschirm wiedergegeben. Jeweils ein Bild ist mit einer Farbe aus einem Komplementärfarbpaar eingefärbt. Mit einer Brille und zwei den verwendeten Komplementärfarben entsprechend eingefärbten Brillengläsern wird das Bild betrachtet. Mittlerweile haben sich die Farben Rot für das linke Auge und Blau für das rechte Auge durchgesetzt. Das eingefärbte Bild, das durch die in der komplementär eingefärbten Linse dringt, wird als Schwarz wahrgenommen und somit wird die eigentliche Farbinformation theoretisch wieder hergestellt. Für das andere Auge wird sie heraus-

¹⁰⁴ Vgl. <http://www.nvidia.de/object/3d-vision-pro-requirements-de.html>

¹⁰⁵ Vgl. <http://www.nvidia.de/object/3d-vision-professional-apps-de.html>

gefiltert und somit gelangen die Teilbilder nur auf jeweils ein Auge. Obwohl das System günstig und in der Herstellung der stereoskopischen Bilder einfach ist, wird es für das Betrachten von stereoskopischen Inhalten, von einigen Ausnahmen abgesehen, nicht mehr verwendet. Der Nachteil ist die niedrige Farbtreue der Aufnahmen, das niedrige nutzbare Farbspektrum bei der Bearbeitung und die Tatsache, dass eine saubere Bildtrennung nicht immer gesichert ist.¹⁰⁶

5.4.1.1 Transvideo CineMonitorHD12 3DView Classic

Ein immer noch existierendes Einsatzgebiet für das Anaglyphenverfahren ist die Bildkontrolle während der Produktion am Set. Das Bild wird hier nicht stereoskopisch betrachtet, sondern ohne Brille quasi in 2D. Anhand der Farbunterschiede der beiden Teilbilder lassen sich geometrische Fehler, wie Bildgrößenunterschiede oder horizontale Parallaxen, besser erkennen. Die Firma Transvideo bietet in ihren Kontrollmonitoren neben dem Einsatz des Shutterverfahrens auch die Möglichkeit der anaglyphen Betrachtung an.¹⁰⁷ Der CineMonitorHD12 beispielsweise kann zwischen beiden Techniken umgeschaltet werden. Für das Anaglyphenverfahren können die Bilder in drei Komplementärfarbenpaaren eingefärbt werden. Der Monitor erhält das Signal über zwei HD-SDI Eingänge und ist mit Kontrollwerkzeugen wie Histogramm-, Waveform- und Vektorskopanzeige ausgestattet.¹⁰⁸

Das Kontrollieren des stereoskopischen Kamerabildes im Anaglyphenverfahren hat sich mittlerweile am Filmset durchgesetzt.¹⁰⁹

¹⁰⁶ Vgl. Film&TV Kamermann 02/2011, S.52

¹⁰⁷ Vgl. Film&TV Kamermann 01/2011, S.74

¹⁰⁸ Vgl. <https://www.transvideo.eu/node/179>

¹⁰⁹ Vgl. Film&TV Kamermann 01/2011 S. 74



Abbildung 15: Transvideo CineMonitorHD12, Quelle: <http://shop.teltec.de>

5.4.2 Polarisationsverfahren

Bei dem Polarisationsverfahren wird die Bildtrennung mithilfe der unterschiedlichen Schwingeigenschaften einer Lichtwelle durchgeführt. Lichtwellen sind Transversalwellen, die nur senkrecht zur Richtung ihrer Ausbreitung schwingen können.¹¹⁰ Der Winkel der Schwingungen kann durch Polarisation beeinflusst werden. Das Grundprinzip der Polarisationsverfahren beruht darauf, dass die beiden Teilbilder bzw. die Lichtwellen aus denen die Bilder bestehen, mit unterschiedlicher Ausrichtung schwingen und jeweils ein Brillenglas mit einem Polarisationsfilter nur das Licht in einer bestimmten Ausrichtung hindurch lässt. Die dafür benötigten Brillen sind kostengünstig, da sie keine Elektronik benötigen. Im Kino bzw. bei der Verwendung eines Projektors, wird eine Silberleinwand benötigt, da eine herkömmliche weiße Leinwand das zuvor polarisierte Licht wieder depolarisieren würde. Das Verfahren hat sich als Darstellungsverfahren für stereoskopische Bilder, sowohl im Produktionsbereich als auch im Kino- und Heimkinobereich durchgesetzt. Man unterscheidet zwischen linearer und zirkularer Polarisation.¹¹¹

Die lineare Polarisation nutzt nur Licht, dass in einem gleichbleibenden Winkel

¹¹⁰ Vgl. <http://www.quantenwelt.de/klassisch/wellen/polarisation.html>

¹¹¹ Vgl. <http://www.3dstuff.org/3d/zirkulare-polarisation-die-zirkulare-polarisation-zur-3d-erzeugung/>

schwingt. Ein Nachteil ist hier der eingeschränkte Betrachtungswinkel beim Betrachten des Bildes. Wird der Kopf zu weit zur Seite gedreht, kann eine saubere Bildtrennung unter Umständen nicht mehr möglich sein.¹¹²

Bei der zirkularen Polarisierung ändert sich quasi ständig der Winkel der Schwingungsausrichtung, die Lichtwelle dreht sich quasi um die eigene Achse. Dadurch ist auch der Betrachtungswinkel nicht mehr eingeschränkt.¹¹³

5.4.2.1 JVC GD-463D10

Der GD-463D10 von JVC nutzt für die Wiedergabe von stereoskopischen Bildern das zirkulare Polarisationsverfahren. Der Full HD Monitor hat drei HDMI Anschlüsse, die die gängigen Bildraten im progressiv und interlaced Verfahren empfangen können. Zusätzlich gibt es eine Anschlussmöglichkeit für ein Komponentensignal, an das nur Videosignale im Zeilensprungverfahren angelegt werden können.¹¹⁴

Die Videosignale können im Side-by-side und im Line-by-line Verfahren übertragen werden.¹¹⁵

Um das stereoskopische Bild betrachten zu können wird nun lediglich noch eine Polarisationsbrille benötigt.

¹¹² Vgl. Film&TV Kamermann 02/2011, S.53

¹¹³ Vgl. <http://www.3dstuff.org/3d/zirkulare-polarisation-die-zirkulare-polarisation-zur-3d-erzeugung/>

¹¹⁴ Vgl. <http://www.bpm-media.de/de/Sales/Post-Production/Videomitore/Stereo-3D/JVC-GD-463D10::1339.html?XTCsid=47a240343e3a3f1e39119118b737eeae>

¹¹⁵ Vgl. JVC GD-463D10 Data-Sheet auf <http://www.bpm-media.de/de/Sales/Post-Production/Videomitore/Stereo-3D/JVC-GD-463D10::1339.html?XTCsid=47a240343e3a3f1e39119118b737eeae>



Abbildung 16: JVC GD-463D10, Quelle: <http://www.tnpbroadcast.co.uk>

5.4.3 Interferenzverfahren

Ein relativ neues Verfahren, dass sich im Studio- und Postproduktionsbereich noch nicht durchgesetzt hat, aber im Kinobereich eine Rolle spielt, ist das Interferenzverfahren. Hier wird der Wellenlängenbereich der drei Grundfarben, Rot, Grün und Blau nochmals in zwei Wellenlängenbereiche aufgeteilt. In der Brille, die keine eigene Elektronik benötigt, wird über einen schmalbandigen RGB-Filter jeweils einer der Wellenlängenbereiche herausgefiltert. Ein Vorteil ist hier, dass keine Elektronik in den Brillen benötigt wird und dass keine Silberleinwand notwendig ist. Es reicht eine normale weiße Kinoleinwand aus.¹¹⁶

5.4.4 autostereoskopische Wiedergabe

Autostereoskopische Displays benötigen keine Brille, um einen stereoskopischen Bildeindruck zu erzeugen. Momentan ist diese Technik noch unausgereift, aber zukunftssträchtig, da das Tragen einer Brille von den meisten Zuschauern eher als

¹¹⁶ Vgl. Film&TV Kamermann 01/2011 S. 54

störend empfunden wird. Bisher kann dieses Verfahren nur in Monitoren realisiert werden. Autostereoskopisches Sehen mit einem Projektor und einer Leinwand ist bisher noch nicht möglich.

Im Produktions- und Studiobereich spielt diese Technik momentan keine Rolle. Das System ist noch zu unausgereift. So muss sich der Betrachter beispielsweise in einem momentan sehr begrenzten Winkel zum Bildschirm befinden, damit eine saubere Trennung der Teilbilder möglich ist.

Das Prinzip der autostereoskopischen Displays beruht darauf, dass die beiden Teilbilder durch ein Linsensystem in verschiedene Richtungen abgestrahlt werden und somit eine Bildtrennung erfolgt. Durch den Einsatz mehrerer Linsensysteme kann der Winkel bzw. die Anzahl der optimalen Sehposition erhöht werden. Allerdings sinkt so auch die Auflösung. Mit dem erhöhten Aufkommen von stereoskopischen Filmproduktionen und dem Vordringen in den Heimkino- und Broadcastbereich, wird die Entwicklung von autostereoskopischen Displays mit Sicherheit vorangetrieben.¹¹⁷

Obwohl die Technik noch Verbesserungspotential aufweist, gibt es bereits Geräte auf dem Markt die das autostereoskopische Verfahren verwenden. Die Kompaktkamera FinePix Real 3D von Fuji verwendet beispielsweise ein autostereoskopisches Display, damit die Fotos direkt in 3D betrachtet werden können.¹¹⁸

¹¹⁷ Vgl. Film&TV Kamermann 02/2011 S. 55

¹¹⁸ Vgl. http://www.fujifilm.com/products/3d/camera/finepix_real3dw1/

6 Distribution

Das Kapitel Distribution behandelt die Aufbereitung der fertiggestellten audiovisuellen Produktion für die Übergabe an die Endverwertung in Form von einer Kinoaufführung oder Heimkinoveröffentlichung. Im Heimkinobereich hat sich vor allem die Blu-Ray3D als marktführendes Medium durchgesetzt. Im Kinobereich gilt das DCP mittlerweile als Standard Distributionsformat.

6.1 DCP für S3D-Produktionen

Nachdem der Postproduktionsvorgang beendet und neben der Bearbeitung der visuellen Daten auch der Ton und weitere Bildelemente wie Untertitel fertiggestellt sind, muss die stereoskopische Produktion für die Vorführung vorbereitet werden. Da es technisch nicht möglich ist ein sauberes stereoskopisches Bild mit Filmmaterial zu erzeugen, wird das audiovisuelle Produkt in digitaler Form an Kinos usw., als DCP, Digital Cinema Package, ausgeliefert. Dieser Vorgang wird mittlerweile auch für 2D-Filme immer üblicher. Für diesen Arbeitsablauf gibt es genormte Richtlinien, die genau definieren, wie der Inhalt eines DCP aufgebaut ist. Diese Grundlagen wurden von der DCI, der Digital Cinema Initiatives, festgelegt. Die DCI ist ein Dachverband von zahlreichen Filmstudios aus den USA. Da zahlreiche US-amerikanische Produktionen auch in Europa vorgeführt werden, hat sich diese Norm auch hier durchgesetzt. Dabei beinhaltet die DCI-Norm technische Spezifikationen, die auf Normen der SMPTE, der Society of Motion Picture and Television Engineers, und der DIN beruhen. Dazu zählen beispielsweise das MXF Containerformat, der JPEG2000 Videocodec und der WAV-Codec für Audiodaten.¹¹⁹ In dem folgenden Kapitel wird auf den Aufbau der Audio- und Untertiteldateien nicht näher eingegangen.

Die DCI verkündete 2007 in einer Pressemitteilung, dass in Zusammenarbeit mit anderen Organisationen, darunter das Fraunhofer Institut, auch spezielle Vorgaben für S3D-DCPs entwickelt werden sollten.¹²⁰ In der aktuellen Version der DCI Spezifikationen für das Distributionsformat, die im März 2008 veröffentlicht wurde, existieren solche Vorgaben noch nicht.¹²¹ Dafür gibt es einen Nachtrag, der im Juli 2007 veröffentlicht wurde, der grobe Richtlinien für das S3D-DCP festlegt,

¹¹⁹ Vgl. <http://www.sauerlandwelle.de/fktg/schriftfassung/schriftfassung42.pdf>

¹²⁰ Vgl. http://www.dcinovies.com/press/DCI_Press_Release_3May2007.html 06.04.2011

¹²¹ Vgl. http://www.dcinovies.com/DCIDigitalCinemaSystemSpecv1_2.pdf

die im Wesentlichen auf den für 2D-Produktionen geltenden Vorgaben beruhen.¹²²

6.1.1 Erstellung eines S3D-DCP

6.1.1.1 Digital Source Master

Das Digital Source Master, kurz DSM, ist quasi das Ausgangsmaterial, das zum erstellen eines DCP benutzt wird. Im Falle eines Kinofilms also der fertiggestellte Film, der alle technischen und kreativen Schritte in der Postproduktion durchlaufen hat und vom Regisseur und Produzenten abgesegnet wurde. Für ein DSM gibt es keine Formatvorgaben, da das Material in dem Format vorliegt, das im letzten Arbeitsschritt, also der Farbkorrektur, ausgegeben wurde. Dies kann eine TIFF-Sequenz, ein Quick-Time Container oder ein HDCAM-SR Masterband sein. Das DSM-Format hängt also im Wesentlichen von dem vorher durchlaufenen Arbeitsablauf des Films ab.¹²³

6.1.1.2 Digital Cinema Distribution Master

Das Digital Cinema Distribution Master, kurz DCDM, wird aus dem DSM erstellt. Die Spezifikation der DCI enthält Vorgaben über Format, Codec und weitere Punkte, wie Farbraum und Gammawert. Das DCDM enthält alle Komponenten, die für eine Vorführung benötigt werden, darunter fallen Video, Audio und die Untertitel und natürlich Metadaten, wie die Timecodespur um die Synchronität der beiden Teilbilder zu gewährleisten.

Das Ursprungsformat wird zunächst in eine TIFF-Sequenz, mit einer TIFF-Datei pro Frame, umgewandelt. Die Farbwerte werden dabei in den XYZ-Farbraum encodiert.

Jede Farbkomponente wird mit einer 12 Bit Quantisierung codiert, wobei es sich um eine 16 Bit TIFF-Datei handelt von denen 4 Bit mit Nullen gefüllt sind. Das Pixelseitenverhältnis beträgt 1:1, es sind also keine anamorphotischen Verzerungen zugelassen. Das Pixelraster beträgt, für einen 2D-Film, entweder 4096 horizontale und 2160 vertikale Pixel(4K) bei einer Frequenz von 24 Bildern pro Sekunde oder 2048x1080 Pixel(2K) bei 24 oder 48 Bildern pro Sekunde.

Das eigentliche Seitenverhältnis des Films wird dann an dieses Raster angepasst, so hat ein im Cinemascope-Seitenverhältnis von 2,39:1 4096 Pixel oder 2048 in der horizontalen Auflösung und dementsprechend 1714 Pixel bzw. 858 Pixel in der vertikalen Auflösung. Dies überträgt sich auf andere Bildseitenverhältnisse, wo dementsprechend nicht die volle horizontale Auflösung benutzt wird, sondern die volle vertikale Auflösung. Die horizontale Auflösung wird dann

¹²² Vgl. http://www.dcmovies.com/DCI_Stereoscopic_DC_Addendum.pdf

¹²³ Vgl. http://www.dcmovies.com/DCIDigitalCinemaSystemSpecv1_2.pdf S.22

angepasst. Jedes Frame bzw. jede TIFF-Datei führt dabei eigene Metadaten mit sich.¹²⁴

Da bei einem stereoskopischen Film zwei Teilbilder mit jeweils zwei 24 Bildern pro Sekunde vorhanden sind, ist eine Distribution einer S3D-Produktion, nach der DCI Norm, nur im 2K Format möglich, da nur hier 48 Bilder in der Sekunde vorgesehen sind. Die Bilder müssen im Containerformat so angeordnet sein, dass pro Datei immer zuerst ein Bild für das linke Auge und danach ein Bild für das rechte Auge platziert wird.

6.1.1.3 Komprimierung

Die Komprimierung der TIFF-Dateien erfolgt mit dem JPEG2000-Codec. Die Auflösung und die Farbkodierung bleiben erhalten. Die Codiervorschriften für die Komprimierung sind in einer DI-Norm explizit festgehalten. Die Datenrate ist auf 250 Mbit/s begrenzt. Die JPEG2000-Bildsequenz wird in den MXF-Codec verpackt und zusätzlich werden XML-Dateien mitgeführt, die weitere Metadaten und Untertitel enthalten. Die Inhalte eines DCPs werden Compositions genannt. Ein Film bildet also eine Composition, diese kann wiederum in verschiedene Akte, wie es beim Film üblich ist, eingeteilt werden. Andere mitgelieferte Compositions können beispielsweise Trailer oder Kurzfilme sein, die vor dem eigentlichen Hauptfilm gezeigt werden.¹²⁵

6.1.1.4 Verpackung in ein S3D-DCP und Transport

Die Compositions werden mitsamt einer Abspielliste, die Informationen zu Inhalt und Länge der Compositions enthält und auf diese verweist in einem DCP verschlüsselt und komprimiert um einen sicheren Transport vom Herstellungsort zum Kino zu gewährleisten. Als Transportmedium dient üblicherweise eine Festplatte oder eine Satellitenverbindung. Am Bestimmungsort wird die Datei dann in das bestehende Contentmanagement-System eingebettet, entpackt und entschlüsselt. Das vorhandene Content Management System ist kompatibel mit den angelieferten Formaten. Über die Abspielliste kann dann auf die Compositions zugegriffen werden, die anhand ihres Datei-Kopfes zugewiesen werden. Um das DCP zu entpacken und zu entschlüsseln ist ein Code nötig, der separat übermittelt wird und für die Dauer der Vorführlizenz Gültigkeit besitzt.¹²⁶

¹²⁴ Vgl. http://www.dcinovies.com/DCIDigitalCinemaSystemSpecv1_2.pdf S.25 ff

¹²⁵ Vgl. http://www.dcinovies.com/DCIDigitalCinemaSystemSpecv1_2.pdf S.39 ff

¹²⁶ Vgl. http://www.dcinovies.com/DCIDigitalCinemaSystemSpecv1_2.pdf S.43 ff

6.1.2 Praxisbeispiel zur Erstellung eines DCP mit Clipster

Clipster ist ein umfangreiches Werkzeug zur Bearbeitung von digitalem Videomaterial. Der Clipster besteht aus einer leistungsfähigen Hardware und der eigentlichen Software. Neben anderen Ausstattungen ist der Clipster in der Lage die stereoskopischen Teilbildströme in einer Timeline zusammenzufügen, zu synchronisieren und daraus ein DCP gemäß der DCI Norm zu erstellen. Dazu wird entweder die EDL importiert, die dann auf das Material zugreift oder es werden direkt die Bildsequenzen oder Videodateien eingefügt. Vor dem Erstellen des DCP kann das Material nochmals über die stereo-3D-fähige Ausgabe am Monitor oder falls vorhanden einem Kinosystem einer endgültigen Qualitätskontrolle unterzogen werden. Der Clipster unterstützt alle gängigen Auflösungen bis 4K. Danach wird die Sequenz in das JPEG2000 Format umgewandelt und anschließend in einen MXF Container verpackt und verschlüsselt. Die Bilder für das linke und rechte Auge werden zuvor in der von den DCP Bestimmungen vorgegebenen Reihenfolge angeordnet. Die Umwandlung in das JPEG2000 Format und in den XYZ-Farbraum geschieht dabei mit zusätzlicher Hardwareunterstützung. Hierfür wird die mitgelieferte Software DCI Mastering Wizard genutzt. Die komprimierten MXF Container werden dann mitsamt den nötigen, bereits erwähnten Content Management Dateien beispielsweise auf einer Festplatte ausgeliefert.¹²⁷



Abbildung 17: DVS Clipster Workstation, Quelle: <http://www.dvs.de>

¹²⁷ Vgl.

http://www.dvs.de/fileadmin/downloads/support/downloads/brochures/DVS_CLIPSTER.pdf

7 Schlussbemerkungen

Im Verlauf der Arbeit wurden alle Stationen einer audiovisuellen stereoskopischen Produktion von der Vorproduktion bis zum fertigen DCP vorgestellt und es wurden jeweils Beispiele zur verwendeten Technik und zum Arbeitsablauf genannt und beschrieben. Dabei wurde vor allem darauf geachtet Unterschiede zwischen einer stereoskopischen und einer monoskopischen Produktion herauszustellen und zu beschreiben, welcher Arbeitsablauf hier notwendig ist, um ein qualitativ hochwertiges Produkt zu erhalten. Dies ist hier nicht im kreativen, sondern im technischen Sinn gemeint. Für einen Stereo-3D Film spielen eine technisch saubere und fehlerfreie Aufnahme, Bearbeitung und Distribution eine größere Rolle, als für einen monoskopischen Film, da hier bereits ein Fehler am Set in der Konfiguration der Kameras den räumlichen Eindruck zerstören und daneben auch körperliches Unwohlsein beim Betrachter auslösen kann. Solch ein Fehler wird vom Zuschauer kaum toleriert, wohingegen technische Mängel bei einem herkömmlichen 2D Film schnell wieder vergessen oder gar nicht bemerkt werden.

Die Technik für S3D Produktion wird ständig weiterentwickelt und durch komplett neue technische Entwicklungen, wie beispielsweise die STAN Hardware, wird es am Set wesentlich einfacher stereoskopisch zu produzieren, da Fehlerquellen leichter vermieden werden können.

Die Vorbehalte gegenüber der Stereoskopie sind weitgehend einer Euphorie über einen neuen Markt gewichen, denn dass die Produktion von stereoskopischen Medien mehr als ein schnelllebiger Trend ist, ist mittlerweile anerkannt.

Weiterhin lässt sich festhalten, dass es im Bereich der stereoskopischen Filmproduktion, sowie allgemein im Bereich der Produktion von audiovisuellen Medien, keinen Arbeitsablauf gibt, der aus der Masse heraussticht. Vor allem was die eingesetzte Technik angeht, gibt es diverse Lösungen und Kombinationen von Hard- und Software, die gut oder schlecht miteinander harmonieren. Um einen optimalen Arbeitsablauf zu bestimmen müssen zahlreiche Parameter in die Entscheidung über Ausstattung und Technik mit einfließen: vom Darstellungsmedium und der gewählten Auflösung bis über die Produktionsbedingungen am Set.

Der allgemeine stereoskopische Arbeitsablauf, der in der Bachelorarbeit vorgestellt wurde, hat sich mittlerweile durchgesetzt. Trotzdem gibt es noch grundsätzlich Entscheidungen, die vor der Produktion getroffen werden müssen und die einen Einfluss auf den gesamten Produktionsablauf haben, beispielsweise die Frage ob konvergiert oder parallel gedreht wird. Beide Verfahren haben ihre Vor- und Nachteile.

Ein entscheidender Faktor ist vor allem das zur Verfügung stehende Budget. Die hier vorgestellten Beispielarbeitsabläufe, richten sich eher an Produktionen mit hohem Budget. Es soll jedoch nicht der Eindruck vermittelt werden, dass S3D nur etwas für Millionenbudgets ist, auch mit relativ wenig Geld, „kleinerer“ Technik, wie einem Single-Piece-3D-Camcorder und günstiger, gegebenenfalls sogar frei verfügbarer Software kann ein Stereo-3D Produktion entstehen. Natürlich müssen Einschränkungen in der Qualität in Kauf genommen werden, aber bei ausreichender Vorbereitung kann auch ohne viel Geld unkompliziert produziert werden. Hier kommt es vor allem auf die Erfahrung der beteiligten Fachkräfte an. Die ist zur Zeit oft noch gering, so dass Stereographen mit guten Referenzen am Set gefragt sind. In den nächsten Jahren werden die Kompetenzen steigen und die Dienstleister im Medienbereich werden zunehmend S3D Produktionen in ihr Portfolio mit aufnehmen. Besonders wenn S3D nun auch im Heimkino- und Fernsehbereich möglich ist und akzeptiert wird, wird mehr Content benötigt werden. Die Filmemacher erkennen welches Potential in einem stereoskopischen Effekt steckt und entwickeln eine neue bzw. erweiterte Bildsprache. Dies wird in nächster Zeit dazu führen, dass der räumliche Effekt nicht nur als Effekthascherei, sondern als dramaturgisches Element in der Filmgestaltung angesehen wird. Auch die Weiterentwicklung von autostereoskopischen Displays wird zu einer zunehmenden Akzeptanz von Stereo-3D-Medien führen.

Ein weiteres Ziel der Bachelorarbeit war die persönliche Weiterbildung im Bereich Stereo-3D, dies kann definitiv als erfolgreich angesehen werden. Der Ablauf einer stereoskopischen Produktion und vor allem die Probleme, die dabei auftauchen können sind mir persönlich klarer geworden und falls in der Zukunft das Thema S3D beruflich eine Rolle spielen sollte, wird es mir leichter fallen mich in den jeweiligen Workflow einzuarbeiten.

Literatur

Bücher:

Huppelsberg, Jens, Walter, Kerstin: Kurzlehrbuch Physiologie, 3. Auflage, Stuttgart 2009, Georg Thieme Verlag

Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik, 5. Auflage, Heidelberg 2009, Springer Verlag

Trauer, Holger: Stereo 3D, 1. Auflage, Berlin 2010, Fachverlag Schiele & Schöne GmbH

Webers, Johannes: Handbuch der Film u. Videotechnik, 8. Auflage, München 2007, Franzis Verlag GmbH

Zeitschriften:

Albertz, Stefan: Stereoskopie - Grundlagen, Digital Production 03/2010, S. 106 ff

Bolliger, Mathias; Gebhard, Christine; Voigt-Müller, Gerd: Stereo 3D, Film&TV Kameramann 01/2011, S.50 ff

Bolliger, Mathias: Stereo 3D - Teil 2, Film&TV Kameramann 02/2011, S. 48 ff

Dehn, Peter: Kein Zuckerschlecken, Film&TV Kameramann 11/2010, S.14 ff

Dehn, Peter: mehr Technik, mehr Probleme, Film&TV Kameramann 06/2010, S.46 ff

Film&TV Kamermann 05/2010

Harrer Christoph: Median Composer von Avid, Film&TV Kameramann 04/2010 S. 16 ff

Hoffmann, Kai: Dokumentarfilm in 3D, Film&TV Kameramann 07/2010, S. 106 ff

Lange, Matthias J. :Stereoskopische Postproduktion, Digital Production 04/2009, S.120

NAB 2010, Film&TV Kameramann 06/2010, S.38 ff

Siragusano, Daniele: S3D - Workflow in der Postproduktion, Digital Production 04/2010, S. 107 ff

Voigt-Müller, Gerd; Gebhard, Christine: Stereo-3D simpel?, Film&TV Kameramann 08/2011, S. 14 ff

Internetquellen:

<http://boxofficemojo.com/movies/?id=avatar.htm> abgerufen am 17.02.2011

<http://de.wikipedia.org/wiki/Epipolargeometrie> abgerufen am 27.02.2011

http://de.wikipedia.org/wiki/Epipolargeometrie#Automatische_Berechnung abgerufen am 19.02.2011

http://de.wikipedia.org/wiki/Society_of_Motion_Picture_and_Television_Engineers abgerufen am 02.04.2011

<http://news.thomasnet.com/fullstory/Digital-Video-Software-facilitates-DCI-mastering-for-3D-projects-558919> abgerufen am 05.04.2011

<http://realvision.ae/blog/2010/05/importance-of-genlocking-with-tri-level-sync-for-3d-cameras/comment-page-1/> abgerufen am 15.02.2011

<http://stereo3dwow.wordpress.com/tag/3d-postproduktion/> abgerufen am 01.02.2011

http://stereotec.com/Side-by-Side-Rigs_stereotec.pdf abgerufen am 12.02.2011

<http://techblog.cineform.com/?p=1263> abgerufen am 02.02.2011

http://www.3d4you.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=66&Itemid=82 abgerufen am 02.02.2011

<http://www.3dstuff.org/3d/zirkulare-polarisation-die-zirkulare-polarisation-zur-3d-erzeugung/> abgerufen am 15.03.2011

<http://www.aja.com/products/converters/converters-hd-gen10.php> abgerufen am 27.02.2011

http://www.avid.com/static/resources/documents/solutions/Stereoscopic_3D_Guide_sec.pdf abgerufen am 15.02.2011

<http://www.bpm-media.de/de/Sales/Post-Production/Videomonitoring/Stereo-3D/JVC-GD-463D10::1339.html?XTCsid=47a240343e3a3f1e39119118b737eeae> abgerufen am 16.03.2011

http://www.cic.unb.br/~mylene/PI_2010_2/ICIP10/pdfs/0004029.pdf abgerufen am 16.02.2011

<http://www.cinedeck.com/content/#/?type=serial> abgerufen am 04.03.2011

<http://www.cineform.com/neo3d/> abgerufen am 25.02.2011

<http://www.cineform.com/neo3d/features.php> abgerufen am 05.03.2011

http://www.cineform.com/pdfs/Pro3d_whitepaper_100825.pdf abgerufen am 27.02.2011

<http://www.cmotion.eu/products/cvolution/camin/> abgerufen am 25.02.2011

<http://www.cmotion.eu/products/cvolution/cvolution-hand-unit/> abgerufen am 25.02.2011

http://www.dcmovies.com/DCI_Stereoscopic_DC_Addendum.pdf abgerufen am 16.03.2011

http://www.dcmovies.com/DCIDigitalCinemaSystemSpecv1_2.pdf abgerufen am 04.02.2011

http://www.dvs.de/fileadmin/downloads/support/downloads/brochures/DVS_Video_Solutions.pdf abgerufen am 12.02.2011

<http://www.dvs.de/products/video-systems/clipster/clipstersupregsup/3d-dci-mastering.html> abgerufen am 05.04.2011

http://www.film-tv-vi-deo.de/index.php?id=newsdetail&tx_ttnews%5Btt_news%5D=38724&no_cache=1 abgerufen am 01.02.2011

[http://www.film-tv-vi-deo.de/index.php?id=newsdetail&tx_ttnews\[tt_news\]=38342&cHash=4a2124c5a8658ad8e668ae5dadf51021](http://www.film-tv-vi-deo.de/index.php?id=newsdetail&tx_ttnews[tt_news]=38342&cHash=4a2124c5a8658ad8e668ae5dadf51021) abgerufen am 28.01.2011

[http://www.film-tv-video.de/index.php?id=newsdetail&tx_ttnews\[tt_news\]=37641&cHash=d890795b8100259b2eb08f8b7161bda0](http://www.film-tv-video.de/index.php?id=newsdetail&tx_ttnews[tt_news]=37641&cHash=d890795b8100259b2eb08f8b7161bda0) abgerufen am 28.01.2011

<http://www.film-tv-video.de/newsdetail+M5ea2420fad1.html> abgerufen am 02.02.2011

<http://www.hhi.fraunhofer.de/en/departments/image-processing/applications/stan/> abgerufen am 16.02.2011

<http://www.jvcpro.de/jpe/de/global/product.3241.140.html> abgerufen am 15.02.2011

<http://www.kuk-film.de/html/start.html> abgerufen am 30.01.2011

<http://www.movie-college.de/filmschule/filmgestaltung/bildgestaltung.htm> abgerufen am 05.02.2011

<http://www.netzwelt.de/news/81329-fussball-wm-2010-sony-filmt-3d.html> abgerufen am 15.02.2011

<http://www.nvidia.de/object/3d-vision-professional-users-de.html> abgerufen am 14.03.2011

http://www.prime3d.de/fileadmin/downloads/public_research_results/RAW-Data_Spec_v_0_23.pdf abgerufen am 04.02.2011

<http://www.pstechnik.de/en/digitalfilm-si2k-mini.php> abgerufen am 17.02.2011

http://www.pstechnik.de/en/download_si-2k.php abgerufen am 18.02.2011

<http://www.quantel.com/list.php?a=Products&as=Stereo3D> abgerufen am 03.02.2011

<http://www.quantel.com/page.php?u=5f855b42334dfa55ce0fdafa6c9dc127> abgerufen am 04.02.2011

http://www.quantel.com/repository/files/brochures_Pablo_nab08.pdf abgerufen am 17.02.2011

<http://www.quantenwelt.de/klassisch/wellen/polarisation.html> abgerufen am 15.03.2011

<http://www.sauerlandwelle.de/fktg/schriftfassung/schriftfassung42.pdf> abgerufen am 18.03.2011

http://www.siliconimaging.com/DigitalCinema/Files/CineForm_RAW_TechOverview.pdf abgerufen am 01.03.2011

<http://www.slashcam.de/artikel/Interviews/Nichts-ist-schneller-versaut-als-ein-stereoskopisches-Bild.html> abgerufen am 30.01.2011

<http://www.sony.de/biz/product/multiformatimageproc/mpe-200/overview> abgerufen am 17.02.2011

<http://www.squarebox.co.uk/> abgerufen am 19.02.2011

<http://www.squarebox.co.uk/professional.html> abgerufen am 20.02.2011

<http://www.stereoforum.org/viewtopic.php?f=20&t=1096> abgerufen am 02.02.2011

<http://www.sueddeutsche.de/kultur/kino-erfolg-avatar-mitten-ins-blaue-1.66621> abgerufen am 18.02.2011

<http://www.techfak.uni-bielefeld.de/~rhaschke/lehre/WS04/humanoids/ausarbeitung/Stereoalgorithmen1.pdf> abgerufen am 18.02.2011

<http://www.technica3d.com/> abgerufen am 10.02.2011

<http://www.variety.com/article/VR1117963138?refCatId=13> abgerufen am 01.04.2011

<https://www.transvideo.eu/node/179> abgerufen am 18.02.2011

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Berlin, den 26.04.2011

Jan Kalitowitsch
